

I. *Neue Untersuchungen über den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von Hrn. Melloni.*

(Schluss.)

Von den Eigenschaften der unmittelbar durch Körper gegangenen Wärmestrahlen.

Die strahlende Wärme, welche durch eine Glasplatte gegangen ist, durchdringt eine zweite eben so dicke Glasplatte in größerem Verhältniß; die zu dieser zweiten Platte hinaustretenden Strahlen gehen durch eine dritte wiederum in größerem Verhältniß, und so fort. Die Verluste, welche die Wärmestrahlen beim Durchgang durch eine Reihe solcher Platten erleiden, bezogen auf die auf eine jede Platte einfallende Wärmemenge, bilden also eine abnehmende Reihe; allein der Unterschied zwischen je zwei Gliedern dieser Reihe wird fortwährend kleiner, und strebt folglich gegen eine mehr oder weniger entfernte Gränze hin ganz zu verschwinden; so daß, nach einer gewissen Zahl von Platten, der Verlust, welchen die Strahlen in den ferneren Platten erleiden, bezogen auf die auf eine jede derselben einfallende Wärmemenge, sich auf eine constante Größe reduciren muß.

Dieselben Erscheinungen stellen sich auch bei einer continuirlichen Masse ein, d. h. wenn man sich ein Glasstück in mehre gleich dicke Schichten getheilt denkt, und man mißt den Verlust der strahlenden Wärme beim Durchgang durch eine jede Schicht, so findet man einen desto geringeren Werth, als der Abstand der Schicht von

der Oberfläche, durch welche die Strahlen eintreten, grösser ist, und zugleich sieht man, daß die Verluste gegen eine von der Dicke der Schichten abhängige Gränze hin constant zu werden suchen. Einen Theil dieser Resultate haben wir bereits in der früheren Abhandlung nachgewiesen, und es ist auch leicht sie für die bei unseren gegenwärtigen Untersuchungen angewandten Wärmequellen mittelst der in unserer ersten Tafel (S. 389) enthaltenen, die Durchlässe der Glasplatten vorstellenden Zahlen zu bestätigen <sup>1)</sup>.

1) Man denke sich eine 8 Millimeter dicke Platte in 7 Schichten getheilt, respective von der Dicke der Unterschiede zwischen zwei auf einander folgenden Platten (siehe Tafel S. 389). Die bei Anwendung einer Locatelli'schen Lampe auf die einzelnen Schichten einfallenden Wärmemengen sind:

100 77 54 46 41 37 35 33,5  
und die bei den successiven Durchgängen verloren gegangenen Mengen:

23 23 8 5 4 2 1,5.

Nun sind die unmittelbaren Verluste für ein Hundertel Millimeter von jeder Schicht:

<sup>35</sup> <sup>33</sup> <sup>28</sup> <sup>100</sup> <sup>105</sup> <sup>105</sup> <sup>105</sup> <sup>105</sup>  
oder:

3,286 0,535 0,160 0,050 0,020 0,010 0,007.

Die Verluste, welche die Strahlen der Lampe in dem ersten Hundertel Millimeter einer jeden Schicht erlitten, bezogen auf die einfallenden Wärmemengen, haben also die Werthe:

3,286 0,535 0,160 0,05 0,02 0,01 0,007  
100 77 54 46 41 37 35

das heißt:

0,0328 0,007 0,003 0,0011 0,0005 0,0003 0,0002.

Durch Anstellung einer ähnlichen Rechnung findet man für die Verluste der Strahlungen des glühenden Platins und des bis 390° erhitzten Kupfers die beiden Reihen:

0,0614 0,0081 0,0032 0,0019 0,0010 0,0005 0,0003

0,0943 0,0155 0,0050 0,0023 0,0014 0,0010 0,0008

Nun sind die Unterschiede zwischen je zwei benachbarten Gliedern bei der ersten Reihe:

0,0258 0,0040 0,0019 0,0006 0,0002 0,0001,

bei der zweiten:

0,0523 0,0049 0,0013 0,0009 0,0005 0,0002

Der einzige Unterschied, den man zwischen den Durchgängen durch ein continuirliches Mittel und durch gesonderte Platten bemerkt, besteht in den Werthen der Verlüste, welche Werthe, für eine gegebene Dicke, bei gesonderten Platten gröfser sind, weil an jeder Trennungsfläche eine Reflexion stattfindet.

Diese Thatsachen, können nach der Idee, welche wir uns von der Einwirkung der durchsichtigen Substanzen auf die strahlende Wärme gebildet haben, nicht überraschend seyn. Denn die Wärmequellen senden immer eine mehr oder weniger grofse Menge, für die *Wärmefarbe* (*teinte calorifique*) des Glases gewissermafsen heterogener, Strahlen aus, welche durch die Absorptionskraft der Substanz der continuirlichen Masse oder der gesonderten Platte, successiv vernichtet werden, bis zuletzt blofs die für diese *Farbe* homogenen Strahlen übrig bleiben. Diese werden nun in Schichten von gleicher Dicke einen mehr oder weniger schwachen, aber constanten Verlust erleiden, wie es mit dem Licht der Fall ist bei den rothen Strahlen in einem rothen Mittel, und bei weifsen Strahlen in einem klaren farblosen Mittel.

und bei der dritten:

0,0780    0,0105    0,0028    0,0008    0,0004    0,0002.

Was die vierte Wärmequelle betrifft, so ist es überflüssig von ihr zu reden, da die Strahlen in einem Abstände von einem Millimeter (von der Oberfläche der Platte) vollständig erlöschen.

Ungeachtet der Ungleichheit in den Anwüchsen des Abstandes der zweiten und dritten Schicht von der Eintrittsfläche bemerkt man also dennoch die beiden vorhin aufgestellten Sätze, nämlich: 1) die Abnahme der Verlüste, und 2) das Streben dieser Abnahme gegen eine Gränze, wo der Verlust constant wird. Allein die Punkte des Mittels, wo die Strahlen diese constante Einwirkung erleiden, liegen, für jeden einzelnen Fall, in einem bestimmten Abstand vom Ursprung. Theilt man also ein Glas in gleich dicke Schichten, so tritt die Gränze der Verlust-Abnahme desto später ein, je zahlreicher, d. h. je dünner die Schichten sind. Deshalb ist bei jeder Reihe die Gränze, wo die Verlüste constant werden, abhängig von der Dicke der Elementar-Schichten, wie wir vorhin gesagt.

Was wir so eben von dem Glase sagten, findet seine Anwendung auch auf jede partiell diathermane Substanz.

Der Wärmedurchgang durch eine Reihe homogener Schirme ist also durchaus von gleicher Natur mit dem durch das Innere eines continuirlichen Mittels, welchen letzteren wir bereits untersucht haben, und welcher, wie man gesehen, der Analogie mit dem Lichtdurchgang durch farbige Mittel in keinem Punkte widerspricht.

Es giebt indeß einen besonderen Fall, wo zwei homogene Schirme sich gegen das Licht so eigenthümlich verhalten, daß es sehr interessant wird, zu untersuchen, ob etwas Aehnliches bei der Wärme stattfindet.

Jedermann kennt die optischen Erscheinungen, welche die meisten, parallel der Krystallaxe geschnittenen Turmalinplatten darbieten. Sind solche Platten so auf einander gelegt, daß die Axen gleiche Richtung haben, so geht das Licht in beträchtlicher Menge durch; kreuzen sich dagegen die Axen rechtwinklig, so wird es vollständig aufgefangen. Diese Erscheinungen entspringen bekanntlich aus der Polarisation des Lichts im Innern der Platten. Es fragt sich nun: Finden sie auch bei den Wärmestrahlen statt, oder anders gesagt: Wird die strahlende Wärme beim Durchgang durch Turmalinplatten polarisirt?

Um dies zu erfahren, nahm ich zwei quadratische Kupferplatten von gleicher Größe, versah sie in ihrer Mitte mit einer gleichfalls quadratischen Oeffnung, so daß die Seiten derselben den Rändern der Platten parallel waren, und gleiche Länge hatten mit der kleinsten Breite der polarisirenden Platten. Darauf klebte ich mit Wachs auf jede Oeffnung eine Turmalinplatte, so, daß deren Axe parallel war einem der Ränder der Oeffnung. Indeß als ich dies System vertical auf den Träger meines thermo-elektrischen Apparats befestigte und es der Strahlung der Lampe oder des glühenden Platins aussetzte,



gab es beständig den nämlichen Wärmedurchlaß, welche Richtung auch die Seiten der Platten haben mochten.

Um diese Thatsache ganz evident zu machen, brachte ich den Galvanometerzeiger auf  $18^{\circ}$  oder  $20^{\circ}$  und unterhielt die Wärmecommunication, während ich eine Platte bald auf diese, bald auf jene Seite setzte. Ich sah alsdann die Flamme oder das glühende Platin abwechselnd verschwinden und wieder erscheinen, während die Magnetnadel fortwährend denselben Grad von Abweichung behielt.

Diesen Versuch habe ich sehr oft mit mehreren Turmalinen und unter verschiedenen Durchkreuzungswinkeln der Axen wiederholt; aber immer habe ich dasselbe Resultat erhalten. Die Wärmemenge, welche zwei polarisirende Platten durchdringt, ist also unabhängig von der gegenseitigen Richtung der Krystallaxen dieser letzteren, d. h. *die strahlende Wärme irdischer Abkunft wird beim Durchgang durch die Turmaline nicht polarisirt* <sup>1</sup>).

1) Dieß Resultat scheint den Versuchen Bérard's über die Polarisation der Wärme durch Reflexion zu widersprechen; allein bei unserer Unwissenheit über die Natur der Beziehungen zwischen der Wärme und dem Lichte beweist nicht, daß, weil es beim Durchgang durch Turmaline keine polarisirte Wärme giebt, es nicht auch bei der Reflexion an Glasflächen keine gebe. Ich muß jedoch bemerken, daß geschickte Physiker neuerlich vergebens versucht haben, Wärmestrahlen nach dem Verfahren von Bérard zu polarisiren.

Hr. Powell sagt, daß er, nachdem er sich durch zweckmäßige Vorsichtsmaßregeln gegen die Erwärmung der Glasplatten und andere Fehlerquellen in Schutz gestellt, bei der dunkeln Wärme niemals die geringste Spur einer Polarisation wahrgenommen habe; bei leuchtender Wärme, die er vorher durch eine Glasplatte geleitet, glaubt er eine geringe, eben wahrnehmbare Wirkung beobachtet zu haben (*Edinburgh Journ. of Science, N. S. Vol. V. p. 206*, eine Fortsetzung des Aufsatzes im Bd. XXI S. 311 dies. Ann.)

Auf der letzten Versammlung britischer Naturforscher zu Cambridge (1833) hat Hr. Lloyd neue Resultate mitgetheilt, die den Schlüssen, welche Hr. Powell aus den seinigen gezogen hat, zur Bestätigung dienen.

Gehen wir jetzt zum Studium des Wärmedurchlasses heterogener Schirme über. Die Wärmestrahlen, welche aus jeder, der Wirkung einer und derselben Quelle ausgesetzten Platte ausfahren, geben, wenn sie auf den thermoskopischen Körper unseres Apparates fallen, eine mehr oder weniger große Temperaturerhöhung; und wir haben daraus geschlossen, daß die Wärmemenge, welche durch eine gegebene Platte geht, mit deren Natur und Dicke variiert. Allein, ist diese *Quantitätsdifferenz* auch der einzige Unterschied zwischen den Strahlen, welche von Körpern verschiedenartiger Natur durchgelassen werden? Dieß werden die folgenden Versuche beantworten.

Läßt man die Strahlen der Locatellischen Lampe, nachdem sie eine durchsichtige, für die strahlende Wärme wenig permeable Platte, z. B. eine Platte von Citronensäure, durchdrungen haben, auf die thermo-elektrische Säule fallen, so erhält man in dem gegenwärtigen Fall, wo die Gesamtwirkung  $30^{\circ}$  des Thermomultipliers entspricht, einen sehr schwachen Effect; allein man kann ihn verstärken, indem man die Wärmequelle nähert, oder besser, indem man die Strahlen durch Metallspiegel oder Steinsalzlinsen auf die Platte concentrirt. Ich setze voraus, daß man quer durch die Citronensäure eine galvanometrische Ablenkung von  $25^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  bewirkt habe. — Bei diesem Zustand der Dinge, stelle ich eine Alaunplatte so auf, daß die zur Citronensäure ausfahrenden Strahlen gezwungen sind, durch dieselbe zu gehen, ehe sie zum thermoskopischen Körper gelangen. Die Magnetnadel geht dann nur um 3 bis 4 Grade zurück.

Jetzt fange ich den Versuch mit einer andern (von der Citronensäure verschiedenen) klaren und farblosen Substanz wieder an, d. h. ich verändere den Abstand der Lampe von der Säule, bis ich mittelst der durch die neue Substanz gegangenen Wärmestrahlen wiederum am Galvanometer eine Ablenkung von  $25^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  erhalte. Nun schiebe ich die Alaunplatte ein. Der Galvanome-

terzeiger geht nicht bloß 3 bis 4 Grade zurück, wie vorher bei der Citronensäure, sondern nähert sich dem Nullpunkt noch mehr, und bisweilen ist die rückgängige Bewegung so bedeutend, daß die Nadel ganz nahe ihre natürliche Gleichgewichtslage erreicht.

Nimmt man statt des Alauns irgend eine andere Substanz zu der invariablen Platte, auf welche man die zu irgend einem durchsichtigen Körper hinaustretenden Strahlen fallen läßt, so beobachtet man ebenfalls Unterschiede in den entsprechenden Ablenkungen der Galvanometer-nadel; allein sie sind im Allgemeinen weniger bedeutend, und dieß hat uns veranlaßt, dem Alaun den Vorzug zu geben.

Folgendes sind die Resultate, berechnet in Hunderten der constanten Wärmemenge, die auf die Alaunplatte fiel.

Schirme, aus denen 100 Wärmestrahlen treten, die nun successiv auf eine und dieselbe Alaunplatte fallen.	Anzahl der von dieser Alaunplatte durchgelassenen Strahlen.
Kein Schirm . . . . .	9
Steinsalz, klar . . . . .	9
Steinsalz, schielend . . . . .	9
Borax . . . . .	11
Adular . . . . .	14
Kalkspath . . . . .	22
Bergkrystall . . . . .	25
Spiegelglas . . . . .	27
Kohlensaures Ammoniak . . . . .	31
Gyps . . . . .	72
Weinsaures Kali-Natron . . . . .	80
Citronensäure . . . . .	85
Alaun . . . . .	90

Man sieht, daß gleich intensive Strahlungen, die zu den in der Tafel aufgeführten durchsichtigen und farblosen Körper hinaustreten, in sehr verschiedener Menge durch eine und dieselbe Alaunplatte gehen. Es ist eben

so wie mit Lichtstrahlen, die aus einem farbigen Mittel treten, eine zweite durchsichtige und farbige Substanz in mehr oder weniger beträchtlicher Menge durchdringen, je nachdem die Farbe der ersten Substanz mehr oder weniger der zweiten analog ist.

Die Wärmestrahlen fahren also aus durchsichtigen Schirmen mit verschiedenen *Eigenschaften* aus, und besitzen, so zu sagen, die der von ihnen durchdrungenen Substanz eigenthümliche *Diathermansie* <sup>1)</sup>). Die Citronensäure, das weinsaure Kali-Natron und der schwefelsaure Kalk geben Strahlen, die in reichlicher Menge durch eine Alaunplatte gehen; ihre Diathermansie nähert sich sehr der des Alauns. Glas, Bergkrystall und Kalkspath haben offenbar eine ganz andere Diathermansie, denn sie lassen nur Strahlen durch, welche die Alaunplatte weniger durchdringen. Dasselbe gilt vom Borax, Adular und kohlensaurem Ammoniak. Was die Wärme betrifft, die durch das klare oder opalisirende (*louche*) Steinsalz gegangen ist, so verhält sie sich wie die freie Wärme der Lampe. Der Grund hievon ist offenbar der, daß das Steinsalz, da es auf die verschiedenen Arten von Wärmestrahlen gleichmäÙig wirkt, sie alle durchläÙt, ohne ihre relativen Eigenschaften im Geringsten abzuändern.

Diese Thatsachen bestätigen also vollständig die aus unseren früheren Versuchen gezogenen Folgerungen, die nämlich: 1) daß die Flamme verschiedene Arten von Wärmestrahlen aussendet, und 2) daß die durchsichtigen farblosen Körper, das Steinsalz ausgenommen, eine Wirkung ausüben, vermöge welcher sie gewisse Wärmestrahlen auslöschen und andere durchlassen, genau wie es farbige Mittel bei dem Lichte thun.

Es bietet sich natürlich hier die interessante Frage

1) Ich nehme das Wort *Diathermansie* als äquivalent mit *Coloration* oder Wärmefarbe, um alle Verwechslung mit den eigentlichen Farben zu vermeiden. Dieser Ausdruck ist mir von Hrn. Ampère angegeben worden.

dar: Wenn die Diathermansie, d. h. die Eigenschaft, welche in Bezug auf die strahlende Wärme die *Farbe* eines Mittels vorstellt, unsichtbar ist, welche Rolle spielen dann die eigentlichen Farben bei den Wärmedurchgängen.

Mißt man die von einem farbigen Glase durchgelassene Menge von strahlender Wärme, so findet man sie *immer kleiner* als die, welche ein weißes Glas von gleicher Dicke durchläßt. Der Unterschied ist zuweilen sehr bedeutend, obwohl scheinbar in keiner Beziehung zum Orte der Farbe im Spectrum oder zu ihrer Intensität. Wir haben dies schon in der ersten Abhandlung bemerkt, und es ist leicht sich abermals davon zu überzeugen, wenn man die Augen auf folgende kleine Tafel wirft:

Glasschirme, ausgesetzt der Strahlung einer Locatellischen Lampe, jeder 1 <sup>mm</sup> ,85 dick.	Durchgelassen von 100 Wärmestrahlen.
Weißes Glas . . . . .	40
Dunkelrothes Glas . . . . .	33
Orangefarbenes Glas . . . . .	29
Lebhaft gelbes Glas . . . . .	22
Apfelgrünes Glas . . . . .	25
Mineralgrünes Glas . . . . .	23
Blaues Glas . . . . .	21
Indigfarbenes Glas . . . . .	12
Dunkel violettes Glas . . . . .	34
Schwarzes undurchsichtiges Glas	17

Es findet also unzweifelhaft eine Wärme-Absorption durch den Färbestoff statt. Allein, ist diese Absorptionskraft auswählend, d. h. ähnlich der Wirkung der unsichtbaren *Wärmefarben*, welche die farblosen durchsichtigen Körper besitzen, oder wirkt sie unterschiedslos auf alle Strahlengattungen? Dies werden uns folgende Versuche zeigen, die den früheren ganz ähnlich sind, nur daß gleiche Wärmemengen durch die Alaunplatte geleitet wurden, welche aus verschiedenfarbigen Glasplatten trafen.

Schirme, aus denen 100 Wärmestrahlen  
treten, und darauf successiv auf eine und  
dieselbe Alaunplatte fallen.

Anzahl der von dieser  
Alaunplatte durchgelas-  
senen Strahlen.

Weißes Glas . . . . .	27
Roths Glas . . . . .	27
Orangefarbenes Glas . . . . .	27
Gelbes Glas . . . . .	27
Apfelgrünes Glas . . . . .	5
Mineralgrünes Glas . . . . .	3
Blaues Glas . . . . .	27
Indigfarbenes Glas . . . . .	27
Violettes Glas . . . . .	27
Schwarzes undurchsichtiges Glas .	1

Die Strahlen also, welche aus einem rothen, orangefarbenen, gelben, blauen, indigfarbenen und violetten Glase austreten, durchdringen eine Alaunplatte in demselben Verhältnisse wie die Strahlen, welche zu einem weißen Glase hinausfahren. Die zur Zusammensetzung dieser Gläser gehörigen Farbestoffe löschen also nur einen Theil des Wärmebündels aus, das ein weißes Glas durchdringt, ohne die Quantitätsverhältnisse der verschiedenen Strahlengattungen, aus welchen dieses Bündel besteht, merklich zu stören. Sie wirken auf die strahlende Wärme, wie in Bezug auf das Licht die bräunlichen oder schwärzlichen Substanzen, die man in eine klare Flüssigkeit einrührt.

Ganz anders verhält es sich mit den grünen oder dunkelschwarzen Stoffen, denn ihre Einmischung in die Glasmasse ertheilt dieser die Eigenschaft, fast alle Strahlen aufzufangen, die des Durchgangs durch den Alaun fähig sind.

Eine solche Wirkung entspringt aus einer gewissen Modification, welche der grüne oder undurchsichtige schwarze Farbestoff der Diathermansie des Glases einprägt, und wir sahen so eben, daß diese Art von *Wärmefärbung* unsichtbar ist und ganz unabhängig von der eigentlichen Färbung, da sie in den allerdurchsichtigsten

Körpern vorhanden ist. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die schwarze oder grüne *Farbe* gar nichts mit der Erscheinung zu schaffen habe, sondern daß letztere von dieser oder jener andern Eigenschaft der Farbestoffe abhängt. In der That habe ich Gläser von sehr lebhaft grüner Farbe gefunden, welche eine weit schwächere Farbe geben als andere Gläser von der nämlichen, aber weniger lebhaften Farbe. Die Gläser, welche am wirksamsten sind, besitzen eine bläulichgrüne Farbe, woraus zu folgen scheint, daß sie eine ziemlich große Menge Kupferoxyd enthalten. Was es auch mit dieser sonderbaren Eigenschaft der grünen und der undurchsichtig schwarzen Farbe so wie mit deren Ursache für eine Bewandtniß haben mag, so ist sie doch eine unzweifelhafte Thatsache, von der sich jeder Physiker leicht überzeugen kann. Wir werden sogleich neue Beweise von derselben geben; allein zuvor wird es nicht unnütz seyn, die Resultate anzuführen, die mit mehren diathermanen Substanzen nach dem bei den farbigen Gläsern und den farblosen diaphanen Körpern angewandten Verfahren erhalten wurden.

Schirme, aus welchen die 100 VVärme-  
strahlen treten, die darauf successiv auf  
eine und dieselbe Alaunplatte fallen.

Zahl der von dieser  
Alaunplatte durchgelas-  
senen Strahlen.

Undurchsichtig schwarzer Glimmer	2
Grüner Turmalin . . . . .	7
Schwerspath . . . . .	12
Saures chromsaures Kali . . . . .	14
Weißer Glimmer . . . . .	15
Beryll . . . . .	19
Aquamarin . . . . .	19
Perl-Agat . . . . .	24
Gelber Agat . . . . .	24
Gelber Bernstein . . . . .	30
Gummi . . . . .	45

Ueber diese Zahlen lassen sich zwei Bemerkungen machen: 1) daß der grüne Turmalin und der schwarze

Glimmer sich den Gläsern von gleicher Farbe analog verhalten, und 2) daß der Beryll und der Aquamarin, obwohl sie an Farbe verschieden sind, Strahlen von gleicher Durchgangsfähigkeit für den Alaun durchlassen; dasselbe gilt von den beiden Agaten.

Diese Thatsachen könnte man mit Vortheil benutzen, um gewisse farbige Substanzen, welche zu verschiedenen Varietäten einer einzigen mineralogischen Species gehören, zu erkennen.

Bisher untersuchten wir die Wirkung des Alauns auf eine constante Menge Strahlen, die aus verschiedenen diathermanen Substanzen ausfuhren. Kehren wir nun die Aufgabe um, und sehen was geschieht, wenn man in die Bahn der von einer Alaunplatte ausfahrenden Strahlung diese verschiedenen Substanzen einschaltet.

In der dritten Kolumne der folgenden Tafel findet man die Resultate, welche mir diese Gattung von Versuchen geliefert hat. Es ist fast unnöthig zu sagen, daß ich sie erhielt, indem ich die verschiedenen Körper einzeln nach einander zwischen den Alaun und die Säule einschob, nachdem mit dem Alaun für sich die gewöhnliche Ablenkung von  $30^{\circ}$  am Galvanometer erhalten worden war. Die vier folgenden Kolumnen enthalten die Werthe der Transmissionen, welche dieselben Körper geben, wenn sie den von andern Substanzen als Alaun ausfahrenden Strahlen, nämlich denen von schwefelsaurem Kalk, saurem chromsauren Kali, grünen und schwarzen Glase, ausgesetzt werden.

Die Werthe der natürlichen Wärmetransmissionen, d. h. die Resultate, welche man bei unmittelbarer Einwirkung der Strahlen der Lampe erhält, sind in der zweiten Kolumne enthalten.



## Durchgelassen von 100

Namen der dazwischen aufgestellten  
Substanzen. Dicke der Platten, wo  
sie nicht eigends anders angegeben,  
2mm,6.

	unmittelbar. Strahlen d. Lampe.	zum Alaun ausfahrend. Strahlen. (Dicke 2mm,6.)	zum Gyps ausfahrend. Strahlen. (Dicke 2mm,6.)	zum chroms. Kali ausfahrenden Strahl. (Dicke 2mm,6.)	zum grünen Glase ausfahrenden Strahl. (Dicke 1mm,85.)	zum schwarzen Glase ausfahrenden Strahl. (Dicke 1mm,85.)
Steinsalz . . . . .	92	92	92	92	92	92
Flussspath . . . . .	78	90	91	88	90	91
Beryll . . . . .	54	80	91	66	70	57
Kalkspath . . . . .	39	91	89	56	59	55
Glas, Dicke 0mm,5 . . . . .	54	90	85	68	87	80
Glas, Dicke 8mm . . . . .	34	90	82	47	56	45
Bergkrystall . . . . .	38	91	85	52	78	54
Saures chromsaures Kali . . . . .	34	57	53	71	28	24
Schwerspath . . . . .	24	36	47	25	60	57
Weißer Agat . . . . .	23	70	78	30	43	17
Adular . . . . .	23	23	58	43	50	23
Bernstein . . . . .	21	65	61	20	13	8
Schwarzer opaker Glimmer, Dicke 0mm,9 . . . . .	20	0,4	12	16	38	43
Gelber Agat . . . . .	19	57	64	24	35	14
Aquamarin . . . . .	19	60	57	26	20	21
Borax . . . . .	18	23	33	23	30	24
Grüner Turmalin . . . . .	18	1	10	14	24	30
Gemeines Gummi . . . . .	18	61	52	12	6	4
Gyps . . . . .	14	59	54	22	9	15
- (Dicke 12mm) . . . . .	10	56	45	17	5	0,4
Kohlensaures Ammoniak . . . . .	12	44	34	11	6	5
Citronensäure . . . . .	11	88	52	16	3	2
Weinsaures Kali-Natron . . . . .	11	85	60	15	2	1
Alaun . . . . .	9	90	47	15	0,5	0,3
Farbige Gläser, jedes 1mm,85 dick.						
Weißes Glas . . . . .	40	90	83	50	67	55
Violettes Glas . . . . .	34	76	72	42	56	47
Roths Glas . . . . .	33	74	69	41	54	45
Orangefarbenes Glas . . . . .	29	65	58	36	48	39
Apfelgrünes Glas . . . . .	25	3	20	22	55	50
Mineralgrünes Glas . . . . .	23	1	15	19	52	58
Gelbes Glas . . . . .	22	49	46	27	35	30
Blaues Glas . . . . .	21	47	42	26	34	29
Undurchsichtig schwarzes Glas . . . . .	16	0,5	18	11	42	52
Indigfarbenes Glas . . . . .	12	27	26	14	20	17

Mehre der in dieser Tafel enthaltenen Zahlenwerthe lassen sich durch Rechnung verificiren.

In der That, wenn zwei Platten von verschiedener Natur gemeinschaftlich der Strahlung der Wärmequelle ausgesetzt werden, so hat ihre Stellung in Bezug auf den Ein- und Austritt der Wärmestrahlen keinen Einfluß auf die von diesem Systeme durchgelassene Wärmemenge. Diefs läßt sich leicht beweisen, wenn man die erste Platte an die Stelle der zweiten setzt; denn ungeachtet dieser Vertauschung zeigt der Thermomultiplicator fortwährend denselben Grad von Ablenkung. Nehmen wir nun zwei Platten, die sich abwechselnd in der vorderen und hinteren Stellung befinden, z. B. Alaun und saures chromsaures Kali. Diese beiden Substanzen, für sich 100 directen Wärmestrahlen ausgesetzt, lassen 9 und 34 durch. Die Wärmemenge, welche auf jede derselben einfallen müßte, damit sie 100 durchliese, läßt sich leicht nach folgenden Proportionen berechnen:

$$9 : 100 :: 100 : x$$

$$34 : 100 :: 100 : x.$$

Diefs giebt 1111 für den Alaun und 294 für das chromsaure Kali. Nun wissen wir aus Erfahrung, daß das chromsaure Kali, wenn es 100 zum Alaun hinausgetretenen Strahlen ausgesetzt wird, 57 durchläßt, und daß der Alaun von 100 aus dem chromsauren Kali fahrenden Strahlen 15 durchläßt.

Allein die Anordnung des Plattenpaares übt keinen Einfluß auf dessen Wärmedurchlaß aus; kehren wir daher das System in dem einen oder anderen Fall bloß um, dann haben wir dieselben Platten, auf dieselbe Weise den beiden Strahlungen 1111 und 294 ausgesetzt. Die in beiden Fällen durchgelassenen Mengen müssen also den einfallenden Mengen proportional seyn. Diefs läßt sich wirklich innerhalb der Gränzen von Annäherung, welche die Natur der Versuche erträgt, nachweisen, denn man hat:

57 : 15 :: 1111 : 294.

Die Tafel enthält zehn Plattenpaare, die in beiderlei Sinn den Strahlungen der Wärmequelle ausgesetzt worden sind; es gibt also zwanzig Zahlen, die analogen Proportionen genügen müssen.

Offenbar verlangen übrigens diese Rechnungen, daß die fünf Platten, aus denen die 100 Strahlen treten, welche successiv auf die ganze Reihe von diathermanen Körpern fallen, dieselben seyen, welche unter gleichen Namen in der ersten Kolumne angeführt sind. Diese Bedingung habe ich auch immer sorgfältig erfüllt.

Die Körper bieten, wenn sie der von Schirmen ausfahrenden Wärme ausgesetzt werden, nicht mehr dieselbe Ordnung des Wärmedurchlasses dar, welche sie unter der unmittelbaren Strahlung der Lampe zeigen. Die eingetretenen Veränderungen haben anscheinend keine Regelmäßigkeit mehr, sowohl von einer Reihe zur andern, als bei den verschiedenen Gliedern einer und derselben Reihe. So sind Glas, Kalkspath und Bergkrystall für die von den fünf Schirmen ausfahrende Wärme diathermaner als für die directen Strahlen der Wärmequelle. Citronensäure und weinsaures Kali sind für die vom Alaun und Gyps ausfahrenden Strahlen mehr permeabel und für die vom grünen oder schwarzen Glase herstammenden weniger permeabel. Undurchsichtiger Glimmer und Turmalin wirken gerade im umgekehrten Sinne. Einige Substanzen behalten für die strahlende Wärme aus mehreren Schirmen eine gleiche Permeabilität. Andere endlich erleiden so große Veränderungen, daß sie alle Phasen des Phänomens durchlaufen, d. h. daß sie von einem mittleren Durchlaß außerordentlich stark und außerordentlich schwach permeabel werden <sup>1)</sup>.

- 1) Die Veränderung der Durchgangsfähigkeit ist nicht die einzige Modification, welche die strahlende Wärme beim Durchgang durch diathermane Körper erleidet; vielmehr erlangt sie dadurch auch mehr oder weniger die Fähigkeit, in verschiedener Menge

Unter allen diesen Wechselln wirkt das Steinsalz immer auf einerlei Weise und läßt von 100 Strahlen immer 92 durch. Es folgt daraus die umgekehrte Proportion, daß wenn man 100 aus einer Steinsalzplatte ausfahrende Strahlen der Reihe nach auf die übrigen Platten

von schwarzen und weissen Flächen absorbirt zu werden. Davon kann man sich auf folgende Weise überzeugen.

Man nehme zwei Thermometer von gleicher Empfindlichkeit, und nachdem man die eine Kugel weifs, die andere schwarz bemalt, setze man sie gemeinschaftlich der strahlenden Wärme aus, sowohl der directen als der durch eine Glasplatte gegangenen. Man sieht dann die zwei Thermometer in den beiden Fällen ungleich steigen, aber die Ungleichheit ihres Standes ist bei der durchgelassenen Wärme gröfser. Hr. Powell, den man diesen sinnreichen Versuch verdankt, hat ihn mit den Wärmestrahlen von hell rothglühendem Eisen und einer Argand'schen Lampe angestellt. Das Mittel aus mehreren Reihen von Beobachtungen hat ihm das Absorptionsverhältnifs zwischen dem schwarzen und weissen Thermometer bei dem glühenden Eisen  $= 100:78$ , und bei der Argand'schen Lampe  $= 100:72$  gegeben. Diese Verhältnisse wurden bei den von einer Glasplatte durchgelassenen Wärmestrahlen  $= 100:50$  und  $100:57$  (*Report of the first and second meetings of the british. assoc. for the advanc. of Science*, p. 274 und 275 — auch dies. Ann. Bd. XXI S. 316.)

Ganz analoge Zahlenwerthe habe ich mittelst des Thermomultipliers erhalten. Die Säule des Apparats wurde wohl abgewaschen, dann auf der einen Seite weifs und auf der andern schwarz bemalt. Die beiden Farben bestanden aus Bleiweifs und Kienrufs, angerührt mit Gummiwasser. Durch Drehung der Säule auf ihrem Gestell kann man die unmittelbaren oder durchgelassenen Wärmestrahlen einer Locatellischen Lampe successiv auf die weifs und schwarze Fläche fallen lassen und die zugehörigen Anzeigen des Galvanometers beobachten. Diefs Verfahren ist leicht und schnell auszuführen, und hat überdies den Vortheil, daß es nur einen einzigen thermoskopischen Körper verlangt, wodurch die Resultate vergleichbarer werden als im Fall wo man zwei Thermometer anwenden mufs, die selten einen gleichen Grad von Empfindlichkeit besitzen.

Ich will hier die Verhältnisse angeben, die bei Anwendung unmittelbarer und durchgelassener Wärme mit mehreren Platten

ten wirken läßt, man dieselben Verhältnisse wie bei der unmittelbaren Strahlung erhält, was ich übrigens durch directe Versuche bestätigt gefunden habe.

erhalten habe. Die jedesmal auf der schwarzen Fläche hervorgebrachte Wirkung ist durch 100 vorgestellt:

Strahlende Wärme der Locatellischen Lampe, direct oder durch verschiedene Schirme gegangen.	Absorptionskraft der	
	schwar- zen	weißen Fläche.
Directe Strahlen der Lampe . . . . .	100	80,5
Durchgelassene vom Steinsalz . . . . .	-	80,5
- - - Alaun . . . . .	-	42,9
- - - farblosen Glase . . . . .	-	54,2
- - - hellrothen Glase . . . . .	-	60,6
- - - dunkelrothen Glase . . . . .	-	77,8
- - - hellgelben Glase . . . . .	-	55,5
- - - dunkelgelben Glase . . . . .	-	63,6
- - - hellgrünen Glase . . . . .	-	67,4
- - - dunkelgrünen Glase . . . . .	-	70,5
- - - hellblauen Glase . . . . .	-	61,0
- - - dunkelblauen Glase . . . . .	-	66,9
- - - hellvioletten Glase . . . . .	-	67,6
- - - dunkelvioletten Glase . . . . .	-	76,7
- - - undurchsicht. schwarz. Gl. . . . .	-	84,6

Die Einschaltung des Steinsalzes hat also keinen Einfluss auf das Verhältniß der von beiden Flächen absorbirten Wärmemengen; Alaun dagegen ändert dieß Verhältniß bedeutend, und zwar wird die durch eine Alaunplatte gegangene Wärme weit weniger von der weißen Fläche absorbirt als die directe Wärme; farbloses Glas wirkt in gleichem Sinne, aber schwächer. Was die farbigen Gläser betrifft, so ist ihre Wirkung desto schwächer, je dunkler ihre Farbe ist. Die stärkste Verringerung in der Absorptionskraft der weißen Fläche wird durch Dazwischensetzung eines gelben Glases bewirkt, die schwächste durch Dazwischensetzung eines rothen oder violetten Glases, und bei jeden zwei Platten von gleichem Farbenton bewirkt die dunklere beständig den kleinsten Effect. Die Wirkungsabnahme, welche Gläser zeigen in dem Maasse als ihre Transparenz durch höheren Gehalt an Farbestoff immer dunkler wird, zeigt sich selbst noch bei einem Glase ganz ohne alle Transparenz, denn die undurchsichtig schwarze Glasplatte bewirkt den kleinsten Unterschied in der Wärme-Absorption zwischen der schwarzen und Poggendorff's Annal. Bd. XXXV.

Nach dem was wir wiederholentlich über die Wirkungsweise der universell und partiell diathermanen Körper gesagt haben, scheint es überflüssig, nochmals hinzuweisen auf die vollkommene Aehnlichkeit dieser That-sachen mit den Erscheinungen, welche der Durchgang des Lichts durch farblose und farbige klare Mittel darbietet. Wir wollen uns nur noch eine Beobachtung über die eigenthümliche Natur der durch gewisse Schirme gegangenen Strahlen erlauben.

Die zum Alaun ausfahrende Wärme wird von undurchsichtigen Schirmen fast ganz aufgefangen, während sie *alle* farblosen durchsichtigen Platten reichlich durchdringt; sie erleidet keinen meßbaren Verlust, wenn man innerhalb gewisser Gränzen die Dicke der Lamellen variiert. Ihre Durchgangseigenschaften nähern sich also weit mehr denen des Lichts und der Sonnenwärme.

Betrachten wir nun die Strahlen, die zu den beiden letzten Schirmen austreten. Die opaken Körper lassen von ihnen fast die Hälfte durch; die durchsichtigen Substanzen fangen sie dagegen in sehr verschiedenen Mengen auf, und die durchgelassenen Antheile nehmen mit Vermehrung der Dicke der Platten merklich ab. So besitzen die zum schwarzen und grünen Glase ausfahrenden Strahlen gewissermaßen entgegengesetzte Durchgangseigenschaften wie die vorhergehenden und analoge wie die der directen Wärme der Flamme, aber noch hervorretendere, denn sie werden von den alldurchsichtigsten Körpern fast vollständig absorbirt.

Ich habe mich dieser letzteren That-sachen bedient,

weisen Fläche. Ungemein merkwürdig ist aber die That-sache, daß die durch eine schwarze Glasplatte gegangenen Wärmestrahlen stärker von der weißen Fläche absorbirt werden als die unmittelbaren Strahlen der Lampe, so daß die Dazwischensetzung des schwarzen Glases auf die directe Wärme eine umgekehrte Wirkung hervorbringt, wie die, welche die Dazwischensetzung des weißen Glases auf die nämliche Wärme erzeugt.

um auf eine sehr einfache Art zu erweisen, daß das Sonnenlicht analoge Wärmestrahlen besitzt, wie sie in der strahlenden Wärme irdischer Quellen enthalten sind.

Zu dem Ende leitete ich durch eine, mit einem grünen Glase verschlossene Oeffnung einen Sonnenstrahl in ein verfinstertes Zimmer, und zwar auf eine der geschwärzten Kugeln eines sehr empfindlichen Differentialthermometers. Die Flüssigkeitssäule sank um mehr Grade; darauf schob ich dicht bei der Oeffnung eine dünne Platte farblosen Glases ein, und die Flüssigkeit kehrte ein wenig zurück; noch deutlicher wurde die rückgängige Bewegung, als ich statt der dünnen Glasplatte eine dickere anwandte. Nun nahm ich das farblose Glas fort und setzte an seine Stelle eine Steinsalzplatte; sogleich ward die Flüssigkeit mit Kraft zurückgetrieben; sie stieg ganz nahe auf ihre ursprüngliche Höhe zurück, als ich das Steinsalz durch eine sehr klare Alaunplatte ersetzte. Es giebt also unter den Wärmestrahlen der Sonne einige, die der irdischen strahlenden Wärme ähnlich sind. Andererseits hat man so eben gesehen, daß die Wärmestrahlen der irdischen Flammen, welche eine Alaunplatte durchdrungen haben, beim nachherigen Durchgang durch Glas und andere klare Substanzen einen sehr schwachen Verlust erleiden, wie die Sonnenwärme; und daraus ist zu folgern, daß unter den Wärmestrahlen der brennenden Körper sich einige, der Sonnenwärme ähnliche, befinden. *Die Unterschiede, welche man zwischen den Durchgangseigenschaften der irdischen und der Sonnenwärme wahrnimmt, entspringen also aus einer bloßen Mengung mehrer Strahlengattungen in verschiedenen Verhältnissen.*

Kehren wir indess zu der Wärme zurück, die von mehren, der Strahlung einer Lampe unterworfenen Schirmen ausfährt.

Wir haben gesagt, daß die rothen, orangenen, blauen, indigfarbenen und violetten Farbstoffe der gefärbten Glä-

ser auf die strahlende Wärme wirken, wie die dunkeln Substanzen eines farbigen Mittels auf das Licht, d. h. dafs sie die vom Glase durchgelassene Wärmemenge verringern, ohne die Diathermansie abzuändern.

Bei Annahme dieses Satzes ergibt sich für den Fall, dafs verschiedenartige Strahlen, wie die, welche zu den fünf in der Tafel enthaltenen Schirmen ausfahren, auf eine Reihe gefärbter Gläser fallen, nachstehende Folge-  
 rung. Die Wärmetransparenzen dieser Platten werden sich alle erhöht oder geschwächt finden proportional der Veränderung, welche in der Diathermanität des weissen Glases erzeugt wird. Und diefs hat sich auch bei unsern Versuchen ergeben. Denn wenn man die natürlichen Transmissionen des weissen, rothen, orangefarbenen gelben, blauen indigfarbenen und violetten Glases nimmt und sie mit den Transmissionen vergleicht, welche dieselben Platten mit den zu irgend einem unserer Schirme ausfahrenden Strahlen zeigen, so findet man immer die nämlichen Verhältnisse zwischen den verschiedenen Gliedern jeder Reihe.

Was das schwarze und grüne Glas betrifft, so geschehen bei diesen die Veränderungen des Durchgangs bald in gleichem, bald im umgekehrten Sinn, wie bei den andern Glasplatten. Diese Unregelmäßigkeiten dürfen nicht überraschen, denn das Grün und Schwarz ändern die natürliche Diathermansie des Glases, und machen es geschickt, mehr oder weniger grofse Wärmemengen durchzulassen, je nachdem die zu den verschiedenen Schirmen austretenden Strahlen an sich eine Diathermansie besitzen, die mehr oder weniger derjenigen analog ist, welche diese beiden Farbstoffe der Glasmasse eingeprägt haben <sup>1)</sup>.

1) In einer Anmerkung zur früheren Abhandlung (S. 122 dieses Bandes) äufserte ich, dafs der Thermomultiplicator für das Studium der Wärmestrahlungen allen älteren thermoskopischen Apparaten vorzuziehen sey. Die grofse Zahl von Versuchen, welche ich seitdem mittelst dieses Instruments ausgeführt, haben mir die Richtigkeit meiner Meinung bis zur Evidenz erwiesen. Nun



## S c h l u s s .

Ich gedachte hier über die Hypothesen, welche man zur Erklärung der Wärme-Erscheinungen vorgeschlagen hat, und über die Frage, ob Licht und strahlende Wärme

bleiben aber noch viele Experimental-Untersuchungen anzustellen übrig, nicht bloß über die Klasse von Erscheinungen, die wir kaum aus dem Größten kennen lernten, sondern über alle Zweige der Lehre von der strahlenden Wärme. Es ist daher im Interesse der Wissenschaft wünschenswerth, daß die Physiker, welche sich mit diesen Untersuchungen beschäftigen wollen, sich mit einem Thermomultiplikator versehen. Unglücklicherweise gehört dieser Apparat zu denen, die man in dem zu guten Beobachtungen erforderlichen Grade von Vollkommenheit sich selbst erst nach vielen zeitraubenden Probiren verfertigen kann, und an einigen Orten, aus Mangel an Materialien, gar nicht. Deshalb habe ich es für zweckmäßig gehalten, einen Pariser Künstler in den Stand zu setzen, das Publicum mit diesem Apparat zu versehen. Man findet sie vortrefflich bei Hrn. F. Gourjon, Rue des Nonandières No. 2. Die Beschreibung der sinnreichen Mittel, welche dieser geschickte Mechaniker angewandt, um dem Thermomultiplikator alle von mir gewünschten Vollkommenheiten zu geben, würde mich zu weit führen. Ich begnüge mich also damit, die Haupt-Uebelstände anzugeben, welche mit den ersten, von Hrn. Nobili und mir am 5. Sept. 1831 der Academie vorgezeigten Instrumenten dieser Art verknüpft waren, und sich bei den von Hrn. Gourjon construirten nicht mehr finden.

Zunächst war das Volum der thermo-elektrischen Säule zu groß (36 bis 40 Quadratcentim. Querschnitt) und dieß verhinderte, mit kleinen Wärmebündeln zu experimentiren; dann gaben die Galvanometer keine kleineren Werthe als halbe Grade an, und die Magnetnadeln blieben, statt auf den Nullpunkt der Theilung zurückzukehren, bald rechts, bald links davon stehen, zuweilen in einem Abstand von  $10^{\circ}$ . Da die Röhre fast alle von Holz waren, so krümmten sie sich häufig bei Veränderungen im Feuchtigkeitszustande der Atmosphäre und machten das Instrument unbrauchbar.

Die Thermomultiplikatoren von Hrn. Gourjon haben thermo-elektrische Säulen, deren wirksame Flächen nicht größer sind als der Querschnitt eines gewöhnlichen Thermometers (3 Quadratcentimeter). Die Galvanometer sind, abgerechnet die kleinen zur Isolirung nothwendigen Stücke, ganz in Kupfer montirt;

identisch seyen, einige allgemeine Betrachtungen anzustellen; allein da diese beiden Wesen nirgends inniger als in den Sonnenstrahlen vereinigt sind, so müßte man sich, ehe man zu dergleichen Betrachtungen überginge, eine einigermaßen vollständige Sammlung numerischer Resultate über die Transmission der Sonnenwärme nach den verschiedenen von uns angewandten Verfahrensarten verschaffen; aber die Versuche dieser Art, welche ich bisher zu unternehmen vermochte, sind dazu weder zahlreich noch mannigfaltig genug. Ich lasse mich daher für jetzt in keine Erörterung über die Natur der Wärme ein, und schliesse dagegen mit einer Aufzählung der Hauptfolgerungen, zu welchen wir durch das Studium der strahlenden Wärme irdischer Abkunft gelangt sind, damit man sie mit einem Blick übersehen und leichter mit den analogen Eigenschaften des Lichts vergleichen könne.

Die strahlende Wärme geht unmittelbar und in grösserer oder geringerer Menge durch starre und flüssige Körper einer gewissen Klasse. Diese Klasse ist nicht genau die der durchsichtigen Körper, denn es giebt opake oder wenig durchscheinende Platten, welche diathermaner, d. h. für die strahlende Wärme permeabler sind als andere ganz durchsichtige Platten.

Es giebt verschiedene Arten von Wärmestrahlen. Flammen senden sie alle gleichzeitig und in verschiedenen Verhältnissen aus; in der Wärme aus anderen Quellen fehlen dagegen gewisse Gattungen.

Steinsalz, in Gestalt einer Platte successiv gleich starken Strahlungen verschiedener Abkunft ausgesetzt, gestattet immer einer gleichen Wärmemenge den unmittelbaren Durchgang. Eine Platte von anderer diathermaner Substanz läßt dagegen unter denselben Umständen desto ge-

ihre Angaben erstrecken sich bis auf  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{2}$  Grad, und bei Ruhe stehen die Nadeln genau über dem Nullpunkt. Es braucht wohl kaum hinzugefügt zu werden, daß die so vervollkommenen Instrumente nichts an Empfindlichkeit verloren haben.

ringere Mengen durch als die Temperatur der strahlenden Quelle niedriger ist; allein die Unterschiede von einer Transmission zur andern nehmen ab, so wie man eine dünnere Platte anwendet. Daraus folgt, daß die Wärmestrahlen aus verschiedenen Quellen in mehr oder weniger großer Menge absorbirt werden, nicht an der Oberfläche und vermöge einer mit der Temperatur der Wärmequelle variirenden Absorptionskraft, sondern im Innern der Platte selbst durch eine Absorptionskraft, ähnlich der, welche gewisse Lichtsorten in einem farbigen Mittel auslöscht.

Zu derselben Folgerung gelangt man durch Betrachtung der Verluste, welche die Wärmestrahlung einer Quelle von hoher Temperatur erleidet, wenn sie die successiven Schichten einer dicken Platte von anderer diathermaner Substanz als das Steinsalz durchdringt. Denkt man sich nämlich die Platte getheilt in mehrere gleich dicke Schichten, und bestimmt man durch den Versuch für jede dieser Schichten das Verhältniß der verlorenen Menge zur eingefallenen, so findet man, daß der so berechnete Verlust rasch abnimmt mit Entfernung von der Eintrittsfläche; allein die Abnahme wird immer unmerklicher, so daß der Verlust, wenn die Strahlen in einer gewissen Tiefe angelangt sind, einen unveränderlichen Werth erhalten muß. Es ist genau, was mit einem gewöhnlichen Lichtbündel geschieht, das in ein farbiges Mittel eintritt; denn die Strahlen von anderer Farbe als die des Mittels erlöschen in den vorderen Schichten, und daher sind die Intensitätsverluste des Lichtbündels anfangs sehr groß; allein sie werden allmählig kleiner und zuletzt sehr klein, aber constant, sobald nur die Strahlen von gleicher Farbe mit dem Mittel übrig sind.

Ein dritter Beweis von der Analogie zwischen der Wirkung diathermaner Körper auf die strahlende Wärme und der Wirkung farbiger Mittel auf das Licht ergibt sich aus den successiven Transmissionen durch hetero-

gene Schirme. Die Lichtstrahlen, welche zu einer farbigen Platte hinaustreten, durchdringen eine zweite ebenfalls gefärbte Platte entweder reichlich oder erleiden darin eine starke Absorption, je nachdem die Farbe dieser zweiten Platte der Farbe der ersten mehr oder weniger ähnlich ist. Vollkommen analoge Thatsachen beobachtet man aber beim Durchgang der strahlenden Wärme durch Schirme von verschiedener Natur. Und hier verhält sich das Steinsalz in Bezug auf andere Körper wie bei den Wärmestrahlen aus Quellen von verschiedener Temperatur; d. h. wenn eine gegebene Platte successiv gleich starken zu verschiedenen Schirmen hinausfahrenden Wärmestrahlungen ausgesetzt wird, so läßt sie eine constante Wärmemenge durch, sobald sie von Steinsalz ist, dagegen eine variable Menge, sobald sie aus irgend einer andern diathermanen Substanz besteht.

Es giebt also nur einen einzigen diaphanen und farblosen Körper, welcher wirklich auf Licht- und auf Wärmestrahlen in gleicher Weise einwirkt. Alle übrigen lassen Licht von jeglicher Art ohne Unterschied durchgehen, absorbiren aber gewisse Wärmestrahlen und lassen andere durch. So findet man bei diesen Körpern eine wahrhafte Wärmefärbung, welche unsichtbar ist, und also gänzlich verschieden von der eigentlichen Färbung. Diese Wärmefärbung haben wir Diathermansie genannt.

Die Farben, die einem durchsichtigen Mittel beigemischt sind, schwächen immer mehr oder weniger die Diathermanität desselben, theilen ihm aber nicht die Eigenschaft mit, vorzugsweise gewisse Wärmestrahlen aufzufangen; sie wirken auf den Durchgang der strahlenden Wärme ein, wie die braunen Substanzen auf den Durchgang des Lichts. Zwar machen das Grün und das undurchsichtige Schwarz wenigstens gewisser gefärbter Gläser eine Ausnahme, allein diese beiden Farbstoffe scheinen hier nur modificirend auf die Diathermansie zu wir-

ken, auf eine Eigenschaft, welche, wie wir gesehen, durchaus verschieden ist von der eigentlichen Färbung.

Die Wärmemenge, welche zwei Turmalinplatten durchdringt, ändert sich nicht mit dem Winkel, unter welchem man die Krystallaxen beider Platten sich kreuzen läßt. *Auf diese Weise lassen die Wärmestrahlen sich also nicht polarisiren*, und darin weichen sie gänzlich von den Lichtstrahlen ab <sup>1)</sup>. Allein sie ähneln den Licht-

1) Dieß Resultat des Hrn. Melloni würde diejenige Hypothese unterstützen, nach welcher die Wärme aus *longitudinalen* Aetherschwingungen besteht, denn bei einer solchen Schwingungsweise ist wohl eine *Interferenz*, nicht aber eine *Polarisation* denkbar, wie denn auch bei der Fortpflanzung des Schalls durch die Luft, die gleichfalls mittelst Schwingungen in Richtung der Strahlen geschieht, die *Polarisation ein Unding ist*.

Indeß muß hier doch bemerkt werden, daß neuerlich Hr. Prof. Forbes in Edinburg, ungeachtet der auf S. 533 aufgezählten negativen Resultate des Hrn. Melloni, die ihm wohl bekannt waren, nicht bloß die Wärme mittelst Turmaline, sondern auch durch Reflexion und Refraction polarisirt, und eben so eine Depolarisation derselben beobachtet haben will. Der Raum gestattet uns nicht, die etwas weitläufige Untersuchung des Hrn. Forbes (enthalten in dem *Phil. Mag. Ser. III Vol. VI* p. 134. 205. 284. 366) ausführlich mitzutheilen; wir begnügen uns daher mit Anführung einiger Hauptresultate, und bemerken dabei, daß sie ganz nach dem von Hrn. Melloni angewandten Verfahren mittelst eines Thermo-Multiplikators erhalten worden sind. Hrn. Forbes Abhandlung zerfällt in vier Paragraphen.

Der erste handelt von der fraglichen Mondswärme. In Betracht, daß diese, wenn sie existire, durch Glas gehen müsse, weil sie ein Theil der Sonnenwärme ist, von Licht begleitet wird, und auf ihrem Wege durch die Atmosphäre, zufolge der Versuche von Delaroche, nothwendig an Durchgangsfähigkeit gewonnen hat — stellt Hr. Forbes vor dem Thermo-Multiplikator eine Polytzonallinse auf, welche, seiner Rechnung nach, nach Abzug des, was durch Reflexion verloren geht, das Mondslicht 3000 Mal verstärkt. Allein trotz dieser Verstärkung hat Hr. F., indem er das Mondslicht abwechselnd auf die Linse fallen ließ und mit einer vor ihr aufgestellten Papptafel auffing, keinen entscheidenden Beweis von dem Daseyn der Mondswärme erhalten. Er beobachtete nur eine zweifelhafte Ablenkung von einem Viertel-

strahlen in der Eigenschaft, sich brechen zu lassen. Diefes läßt sich am vollkommensten mit dem Steinsalz nachwei-

grad, und daraus schließt er (die Data der Rechnung waren: die 3000malige Verstärkung des Mondlichts, die Größe des Mondbilds, die nur ein Viertel von der Querfläche der Säule betrug, und der durch Vergleich mit einem Leslie'schen Photometer gefundene Werth eines Galvanometergrads = 0,02 Centigrad) es sey unmöglich, daß das directe Licht des Mondes das Thermometer in unsern Breitengraden um  $\frac{1}{300000}$  Centigrad steigen mache. (Vergl. Annal. Bd. XXVII S. 449.) Die Vorsetzung der Glaslinse hat übrigens den Vortheil, daß dadurch die Strahlung von der thermischen Säule aus nach dem Himmelsraum hin verhütet wird, welche sonst hiebei störend wirkt.

Der zweite Paragraph enthält die Versuche zum Erweise der *Polarisation der Wärme durch Turmaline*. Sie wurden mit zwei Paaren auf Glas befestigter Turmalinplatten und mit vier verschiedenen Wärmequellen angestellt. Im Fall die Krystallaxen der Platten sich rechtwinklich kreuzten (der Lichtdurchgang also gänzlich vernichtet war) fand er, daß immer etwas weniger Wärme durchging wie im Fall des Parallelismus der Axen. Der Unterschied der in beiden Fällen durchgehenden Wärmemenge ist, nach Hrn. F., der polarisirte Antheil der Wärme, und er betrug, ausgedrückt in Procenten der beim Parallelismus der Axen durchgehenden Wärmemenge:

Bei der Wärme	Beim ersten Turmalinpaar.	Beim zweiten Turmalinpaar.
der Argand'schen Lampe		16
- Oellampe	14	11
des glühenden Platins	15	12
- Messings von 700° F.		3.

Die Wärme des bis 700° erhitzten Messings war von keinem Licht begleitet.

Die *Polarisation der Wärme durch Refraction*, von welcher der dritte Paragraph handelt, wurde auf ähnliche Weise nachgewiesen. Statt der Turmalinplatten bediente sich Hr. F. dabei zwei kleiner Säulen von (10) Glimmerblättchen, hinter einander aufgestellt, und zwar unter solchem Winkel gegen die Wärmestrahlen, daß diese, wären sie Licht, polarisirt werden mußten. Die Glimmersäulen wurden nun abwechselnd mit ihren Refractionsebenen (die mit, wie Hr. F. sagt, einem der sogenannten neutralen Schnitte des Glimmers coincidirten) paral-

sen, dem einzigen diathermanen Körper, welcher fähig ist, Wärmestrahlen jeglichen Ursprungs durchzulassen.

lel und rechtwinklich unter sich aufgestellt, und die entsprechende Wirkung am Thermo-Multiplikator beobachtet. Im Fall der Rechtwinklichkeit jener Ebenen ging immer weniger Wärme durch, als im Fall ihres Parallelismus. Nachstehende Tafel enthält den Unterschied der in beiden Fällen durchgegangenen Wärme oder den polarisirten Antheil derselben, ausgedrückt in Procenten der im letzteren Fall durchgegangenen Wärme:

Wärmequelle	Durch die Glimmersäulen polarisirte Wärme.
Argand'sche Lampe	29
Locatelli's Lampe	24
Alkoholflamme	36
Glühendes Platin	40
Messing von etwa 700° F.	22
Quecksilber von etwa 500° F. im Tiegel	17
Wasser, unter 200° F.	6
Polarisirter Licht-Antheil	89.

*Depolarisation und Doppelbrechung.* Die Depolarisation (oder Dipolarisation, wie Hr. F. diesen Vorgang nennt, weil dabei Ein polarisirter Strahl isomer in zwei polarisirte Strahlen zerfällt wird) wurde in Analogie mit der beim Licht erhalten, indem Hr. F. ein Glimmerblättchen von der gehörigen Dicke zwischen die Glimmersäulen einschaltete, und zwar so, daß die Wärmestrahlen es senkrecht durchdringen mußten. Wenn nun die Glimmersäulen mit ihren Refractionsebenen *rechtwinklich* gegen einander standen (sie also das Minimum der Wärme durchließen), und man das eingeschaltete Glimmerblättchen mit seinem Hauptschnitt successiv die Winkel 0° und 45° mit der Refractionsebene der ersten Säule machen liefs, so nahm auch entsprechend die durchgehende Wärmemenge zu.

Bei Anwendung der Strahlung des bis 700° F. erhitzten (noch nicht leuchtenden) Messings stieg die Transmission, wenn das Glimmerblatt von 0° bis 45° gedreht wurde, bei vier Versuchen von 100 auf 110, 120, 122 oder 125.

Bei Anwendung der Wärme des glühenden Platins wurde unter gleichen Umständen eine Erhöhung der Transmission von 100 auf 116, 118, 138 wahrgenommen. Selbst die nicht leuchtende Wärme einer Quelle von noch nicht 200° F. vermochte Hr. F. vollständig zu depolarisiren.

Was die gewöhnlichen Linsen und Prismen betrifft, so können sie nur einen gewissen Antheil der strahlenden

Aus der Fähigkeit der Wärmestrahlen sich depolarisiren, d. h. sich in zwei gegen einander rechtwinklich polarisirte Strahlen zerfallen zu lassen, folgert Hr. F., daß die Wärme auch der *Doppelbrechung* fähig seyn müsse.

Wenn man zwei Turmalinplatten so aufstellt, daß ihre Axen einmal parallel und das andere Mal senkrecht gegen einander stehen, so wird im ersten Fall das Maximum und im zweiten Fall das Minimum vom Licht durchgehen. Wenn man nun ein Glimmerblatt einschiebt, so daß sein sogenannter Hauptschnitt einen Winkel von  $45^\circ$  mit den Turmalinaxen macht, so wird die Lichtintensität im ersten Fall um eben so viel geschwächt werden, als sie im zweiten zunimmt.

Einen analogen Versuch hat Hr. F. mit der Wärme des bis  $500^\circ$  F. erwärmten Quecksilbers, des bis  $700^\circ$  erhitzten Messings, des glühenden Platins und der Argand'schen Lampe angestellt, und sich dabei von der Gleichheit des Gewinnes und Verlustes in den beiden Fällen überzeugt.

Endlich giebt Hr. F. noch eine Methode an, die Länge der Wärmewellen zu berechnen. Wenn man, beim Experimentiren mit Licht, zwei Glimmersäulen (Glassäulen oder Turmalinplatten) nach einander mit ihren Polarisationsebenen in die parallele und rechtwinklich gekreuzte Stellung bringt, während ein Glimmerblättchen eingeschaltet ist, dessen sogenannter Hauptschnitt einen Winkel von  $45^\circ$  mit der ersten Polarisationsebene macht, so entsprechen die Intensitäten des in jenen beiden Fällen zum System hinausfahrenden Lichtbündels den Intensitäten des ordentlichen und außerordentlichen Bildes, welches man erblicken würde, wenn man statt der zweiten Glimmersäule (Turmalinplatte) ein Kalkspathrhomboëder nähme, und dessen Hauptschnitt der Polarisationsebene der ersten Säule parallel stellte. Diese Intensitäten sind nach Fresnel:

$$O^2 = F^2 \left[ 1 - \sin^2 \pi \left( \frac{o-e}{\lambda} \right) \right] \text{ und } E^2 = F^2 \cdot \sin^2 \pi \left( \frac{o-e}{\lambda} \right),$$

worin  $F^2$  die totale Lichtintensität,  $o-e$  die Retardation zwischen dem ordentlichen und außerordentlichen Strahl, und  $\lambda$  die Wellenlänge der angewandten Lichtgattung bezeichnet. Kennt man  $o-e$  und  $\lambda$ , so läßt sich das Verhältniß von  $E^2$  oder  $F^2 - O^2$  zu  $F^2$  berechnen. Umgekehrt, wenn  $F^2$  und  $E^2$  oder  $F^2 - O^2$  bekannt sind, so wie  $o-e$ , kann man daraus  $\lambda$  bestimmen.

Um diese Sätze auf die Wärme anzuwenden, bestimmt Hr.



Wärme brechen; denn das Glas fängt mehrere Arten aus Quellen von hoher Temperatur herkommender Wärmestrahlen

F. zunächst das Verhältniß  $E^2$  oder  $F^2 - O^2$  zu  $F^2$  durch den Versuch. Wie dies geschah, wird folgendes Beispiel zeigen. Bei Anwendung von glühendem Platin als Wärmequelle beobachtete er Folgendes:

der ersten Glimmersäule.	Azimuth		Ablenkungen des Galvanometers
	des Glimmer- blättchens.	der zweiten Glimmersäule.	
0	0	0	$18^{\circ},0 = a$
0	45	0	$15,3 = b$
0	45	90	$14,8 = c$
0	0	90	$12,0 = d$

Angenommen daß die Ablenkungen des Galvanometers den Wärmeintensitäten proportional seyen (eine Annahme, die Hr. F. immer macht, wiewohl sie eigentlich nicht gerechtfertigt ist, und für große Ablenkungen leicht bedeutend unrichtig seyn könnte) ist dann:

$$F^2 = a - d = 6,0$$

$$O^2 = b - d = 3,3$$

$$E^2 = c - d = 2,8 = F^2 - O^2,$$

also  $F^2 : E^2 = 100 : 46$ .

Nachdem das Verhältniß  $F^2 : E^2$  so bestimmt ist, mittelt er  $a - c$  für das angewandte Glimmerblättchen aus, und zwar in der Voraussetzung, daß Licht- und Wärmestrahlen gleichmäßig retardirt werden, durch die Farbe, welche das Blättchen im polarisirten Lichte zeigt. In der ferneren Voraussetzung, daß die angewandte Wärme *homogen* oder nicht *homogen* sey, kann er dann aus den erhaltenen Resultaten wenigstens einigermaßen schließen, ob die Wärmewellen länger oder kürzer sind als die Lichtwellen.

Hr. F. wandte zwei Glimmerblättchen an: No. 1 für das  $a - c = 0,00004$  Zoll war, und No. 2 für das  $a - c = 0,00002$  Zoll. Mit diesen fand er:

Glimmer No. 1:	$F^2 : E^2$
Argand'sche Lampe	100 : 80
Glühendes Platin	100 : 78
Messing, etwa $700^{\circ}$ F.	100 : 69.

auf und absorbirt fast die Gesammtheit der Wärme, welche Körper von niedrigerer Temperatur als die Rothgluth aussenden. Daher denn der bisherige Zweifel an der Brechbarkeit der dunkeln Wärme.

Glimmer No. 2:	$F^2 : E^2$
Argand'sche Lampe	100 : 66
Glühendes Platin	100 : 47
Messing von etwa 700° F.	100 : 52
dito	100 : 51
Quecksilber von etwa 500° F.	100 : 52.

In den vier letzten Fällen, wo nahe  $E^2 = \frac{1}{2} F^2$  mußte die durchgegangene Wärme circular polarisirt seyn — und dieß zeigte sich ihm auch dadurch, daß beim Drehen der zweiten Glimmersäule die Intensität dieser Wärme unverändert blieb.

Aus diesen Versuchen, aus der Erfahrung, daß ein sehr dünnes Glimmerblättchen, welches im polarisirten Licht eine schwach blauweiße Farbe zeigte und vollkommen circular polarisirtes Licht gab, die Wärme nicht depolarisirte, sondern bloß auffing — so wie endlich aus der von Hrn. Melloni beobachteten geringeren Brechbarkeit der Wärmestrahlen — folgert Hr. Forbes, daß die Wärmewellen länger als die Lichtwellen seyen.

---

Schließlich mag hier noch die Bemerkung stehen, daß auch Hr. Matteucci neuerlich seine früheren Beobachtungen über die Wärme-Interferenz wiederholt hat (Ann. Bd. XXVII S. 462), hauptsächlich, um dem Einwurf zu begegnen, als habe er zur Wärmequelle einen heißen Körper von zu großen Dimensionen angewandt. Bei diesen neuen Versuchen nimmt er daher statt der erhitzten Kugel einen dünnen ausgespannten Draht, den er durch Verbindung mit einer einfachen voltaschen Kette zum Glühen bringt. Im Uebrigen war der Apparat dem früheren ähnlich, und eben so ergaben sich auch dieselben Resultate wie mit jenem (*L'Institut*, No. 80 p. 383, und ausführlicher *Biblioth. universelle*, T. LVII p. 74).

---

## II. *Nachträge zu den Abhandlungen des Hrn. Melloni.*

### 1) Wärme-Spectrum der Sonne.

(Ein Schreiben des Hrn. Melloni an die Pariser Academie) <sup>1)</sup>.

Die relative Intensität der verschiedenen Strahlen, aus welchen das Wärmespectrum der Sonne besteht, ist der Gegenstand langer Discussionen gewesen. Wie bekannt fanden Landriani, Rochon und Sennebier das Temperatur-Maximum im Gelb, Berard am Ende des Roth, Herschel, Englefield und Davy im dunkeln Raum dicht neben der Gränze des Roth. Offenbar können so große Verschiedenheiten zwischen den Resultaten in der Kunst des Experimentirens so geübter Physiker nicht Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden; und wenn damals nicht die Idee einer vollkommenen Uebereinstimmung in der Wirkung durchsichtiger Körper auf die Licht- und Wärmestrahlen vorherrschend gewesen wäre, würde man über den Ort des Temperatur-Maximums im Spectrum nicht zweifelhaft geblieben seyn, sondern geschlossen haben, daß er nach der Substanz des angewandten Prismas verschieden sey, — eine Folgerung, zu welcher Seebeck und Wünsch späterhin gelangten, als sie mit Wasser, Alkohol, Glas und Terpenthinöl experimentirten. Allein die Natur der Substanz, aus welcher das Prisma besteht, ist nicht der einzige Umstand, welcher auf die Temperaturen in verschiedenen Theilen des Prismas einwirkt.

Ich habe aus drei Glasplatten von drei Viertelzoll Breite ein hohles Prisma verfertigt, und es, nachdem es an einem Ende verschlossen worden, mit Wasser gefüllt.

1) Es bildet einen Zusatz zu dem, was Hr. Melloni S. 305 dieses Bandes auseinander setzte. P.

An der einen Seite desselben brachte ich eine Metallplatte an, 40 breit, daß sie das Prisma ganz verdeckte, mit Ausnahme einer Zone von zwei Linien Breite an der Kante des brechenden Winkels. Der wirksame Theil des Prismas war dadurch auf sehr kleine Dimensionen reducirt. Ich untersuchte nun die Wärmevertheilung in dem Spectrum, welches dieser Theil des Prismas im Sonnenlicht gab, und fand das Wärmemaximum im *Orange* zur Seite des *Roth*. Nun rückte ich die Metallplatte fort, so daß vom Prisma nur an seiner Basis eine Zone von zwei Linien Breite entblößt war. Jetzt fand sich das Temperatur-Maximum gänzlich verschoben, denn es lag im *Gelb* zur Seite des *Grün*.

Denselben Versuch wiederholte ich mit einem gewöhnlichen Glasprisma, und es gelang mir dabei, das Wärmemaximum in den dunkeln Raum oder in das *Roth* zu versetzen, je nachdem ich die Strahlen durch eine Zone an der Kante des brechenden Winkels oder in der Nähe der Basis des Prismas gehen liefs. Hatte ich die Fläche des Prismas ganz entblößt, erhielt ich mittlere Werthe.

Aus allen diesen Versuchen folgt offenbar, daß die Vertheilung der Temperaturen in dem Spectrum nicht bloß von der Substanz des Prismas, sondern auch von seiner mittleren Dicke abhängt.

Um mir diese Thatsachen zu erklären, nehme ich an, daß die Wärmestrahlen im Innern durchsichtiger Substanzen, eine wahre von dem Grade ihrer Brechbarkeit abhängige Absorption erleiden. Es ist dann klar, daß ihre natürlichen Intensitätsverhältnisse je nach der Dicke (*Quantité*) der durchdrungenen Substanz mehr oder weniger geändert seyn werden, und daß damit nothwendig auch das Wärmemaximum seinen Ort verändern muß.

In meinen Untersuchungen über den Durchgang der strahlenden Wärme irdischer Abkunft habe ich gezeigt, daß unter den verschiedenen diathermanen Körpern, welche

che ich prüfte, alleinig das Steinsalz alle Arten Wärmestrahlen in gleichem Grade durchläßt. Ein analoges Phänomen zeigt sich bei der Sonnenwärme, denn welchen Theil von der Oberfläche eines Steinsalzprismas man auch bedecken mag, immer findet man in dem Spectrum, welches die entblößt gelassene Zone giebt, das Wärmespectrum im dunkeln Raum, und zwar in einem festen Abstände von der Gränze des Roth.

Daraus schliesse ich zunächst, daß die relative Intensität der verschiedenen Wärmestrahlen, aus denen ein Bündel Sonnenwärme besteht, durch ein Steinsalzprisma nicht gestört wird, daß vielmehr ein solches Prisma die Wärmestrahlen in ihrem normalen Zustand zerstreut. Zu dem Ende nahm ich zwei Schichten Wasser und zwei Glasplatten, welche die mittlere Dicke der vier, bei den vorherigen Versuchen angewandten prismatischen Querschnitte besaßen, und ließ sie einzeln von den Wärmestrahlen des Normalspectrums durchdringen. Das Maximum der Temperatur verlief seinen ursprünglichen Ort, und ging, bei den beiden Wasserschichten, successiv auf das Orange und auf das Gelb, — und bei den beiden Glasplatten auf das Roth oder dicht an die äußerste Gränze.

Diese Versuche lassen, wie mir scheint, keinen Zweifel an der Wahrheit des Satzes, daß die ungleich brechbaren Wärmestrahlen der Sonne im Innern durchsichtiger Substanzen, wie Wasser und farbloses Glas, ungleiche Absorptionen erleiden. (*L'Institut*, No. 84 p. 410.)

2) Beschreibung eines Apparats zur Anstellung aller Versuche über die strahlende Wärme, nebst einigen neuen Thatsachen über die Wärmequellen und deren Strahlen.

(Auszug aus einer in der Pariser Academie am 12. Jan. 1835 vorgelesenen Abhandlung des Hrn. Melloni<sup>1)</sup>).

Der thermoskopische Körper dieses, für die polytechnische Schule zu Paris angefertigten Apparats ist eine thermo-elektrische Säule (Fig. 15 Taf. III), bestehend aus 50 Antimon- und Wismuthstäbchen, die zu einem Bündel vereinigt sind, welches, bei einer Länge von 27 bis 28 Millimeter, nicht mehr als zwei Quadratcentimeter im Durchschnitt hält. Es befindet sich in einer drei bis vier Mal längeren Röhre *P* mit Scharnieren, befestigt auf ein Stativ, das in der, mitten auf dem Tischblatt *MM'* angebrachten Nuthe *RR'* verschoben werden kann. Das erste und letzte Stäbchen sind verbunden mit den Metalldrähten, welche zu dem sehr empfindlichen Galvanometer *G* führen; nach der Ablenkung der Magnetnadel im Galvanometer beurtheilt man die Stärke des durch die Säule erregten elektrischen Stroms, und darnach wiederum die Intensität der Wärmestrahlung, welche auf die eine Seite der Säule einfällt<sup>2)</sup>.

1) Von diesem, im *L'Institut*, No. 89 p. 22. enthaltenen Auszug theilen wir nur dasjenige in vollständiger Uebersetzung mit, was in den beiden früheren Abhandlungen des Hrn. Melloni nicht enthalten ist. *P.*

2) Vergleiche S. 118 bis 134 dieses Bandes. In welchem Verhältniße die Stärke des elektrischen Stroms zur Stärke der Wärmestrahlung stehe, ist übrigens von Hrn. Melloni nicht ausgemittelt worden, vielmehr scheint derselbe immer stillschweigends anzunehmen, daß beide Intensitäten einander direct und geradezu proportional sind. Die Lösung dieses Problems ist indeß auch weit schwieriger als man vielleicht im ersten Augenblick glaubt. Denn erstlich ist die Intensität des elektrischen Stroms eine Function der Temperaturdifferenz beider Enden der Säule, und

Am Ende der Nuthe befindet sich ein Stativ *S'*, auf welches nach Erforderniß eine der von Hrn. M. angewandten vier Wärmequellen hingesetzt wird (S. 386). Diese sind: eine Locatellische Lampe, eine Weingeistlampe, die, nachdem sie ausgeblasen ist, einen spiralförmigen Platindrath im Glühen erhält, ein Kupferblech, durch dieselbe Lampe in der Temperatur  $400^{\circ}$  erhalten, und ein Gefäß mit siedendem Wasser.

[Die Locatellische Lampe, eine Oellampe mit quadratischem Docht und einem Reflector, aber ohne Glaseschornstein, sieht man Fig. 12 Taf. III abgebildet, die Weingeistlampe mit dem Aufsatz von Platindrath oder Kupferblech in Fig. 14, und diese Aufsätze ohne die Lampe in Fig. 13. Diese Abbildungen sind aus dem kürzlich erschienenen dritten Theil von Becquerel's *Traité de l'Electricité* entlehnt. P.]

Zwischen der Säule und der Wärmequelle sieht man eine Metallplatte *E'* mit einer Oeffnung *O* in ihrem unteren Theil. Hinter dieser Oeffnung *O* legt man auf einen zweiten Träger *S* die zu den Versuchen über den Wärmedurchgang bestimmten Körper. Zur Abhaltung der

andererseits ist die Temperaturerhöhung, welche die Wärmestrahlen bewirken, offenbar wiederum eine Function von der Intensität der Wärmestrahlung und von der Beschaffenheit des Körpers, welcher diese Strahlung aufnimmt. Beide Functionen sind aber noch unbekannt. Darf man annehmen, daß die Intensität der Wärmestrahlung (die offenbar wiederum ein Product der Temperatur der Wärmequelle der Menge und Diathermansie der Wärmestrahlen ist) der durch sie bewirkten Temperaturerhöhung direct proportional sey, so scheint es leicht, diese Intensität dadurch zu ermitteln, daß man die Säule in verschiedene gemessene Entfernungen von der Wärmequelle bringt, und die dabei stattfindenden Ablenkungen des Galvanometers beobachtet, oder besser noch, indem man diese Beobachtung macht, während die Säule in gerader Linie zwischen zwei Wärmequellen aufgestellt, und bei verschiedenem Stande zwischen ihnen, von beiden Seiten bestrahlt wird. Immer wird dieß Verfahren jedoch nur eine Annäherung geben können. P.

Wärmestrahlung dient der doppelte Schirm  $E''$ , der in einer auf der Nuthe senkrechten Verticalebene zurückgeschlagen werden kann.

Ein ganz ähnlicher Schirm  $E$  befindet sich hinter der Säule, um das andere Ende derselben vor allen äußern Strahlungen zu schützen, wenn die Röhre offen ist. Letzteres ist aber fast bei allen Versuchen nöthig, damit die Luft mit beiden Enden der Säule in Berührung stehe, und ihre etwaigen Temperaturveränderungen keine Wirkung auf das Instrument hervorbringen.

Setzt man nun den Apparat in Thätigkeit, so geschieht Folgendes: Nachdem man den zu untersuchenden Körper auf den Träger  $S$  gelegt und den Schirm  $E''$  zurückgeschlagen hat, gehen die Wärmestrahlen durch die Oeffnung  $O$  in der Platte  $E'$  zu der Vorderseite der Säule. Betrachtet man nun den Zeiger des Galvanometers, so sieht man ihn sogleich aus seiner Gleichgewichtslage abweichen, innerhalb 7 bis 8 Secunden einen gewissen Bogen beschreiben, darauf einige Grade zurückweichen, wiederum auf seine ursprüngliche Lage gelangen, und nach einigen immer langsameren Oscillationen endlich auf einer Abweichung stehen bleiben, die etwas geringer ist als die, welche er im ersten Augenblick erreichte. Zur Erlangung dieser stabilen Abweichung gebraucht der Zeiger die Zeit von 90" (S. 122).

#### Vergleichung der Wärmequellen.

Bringt man die Wärmequellen nach einander auf das Gestell  $S'$  (während  $E''$  zurückgeschlagen und auf  $S$  kein Körper gelegt ist), so kann man die Intensität ihrer Wärmestrahlung vergleichen. Man findet unter andern dadurch, daß wenn die Weingeistlampe für sich eine Ablenkung von  $4^\circ$  erzeugt, sie mit Hinzufügung des Platindrahts eine Ablenkung von  $10^\circ$  bis  $16^\circ$  liefert. Nimmt man die Weingeistlampe vom Stativ  $S'$  und stellt sie dicht daneben auf den Tisch, so bleibt das Galvanometer auf Null



stehen, ungeachtet vor der Säule fortwährend ein Strom sehr heißer Luft aufsteigt. *Die aufs Stärkste erhitzte Luft giebt also keine oder eine äußerst schwache Strahlung.*

#### Unmittelbarer Durchgang.

Die Hauptthatsachen sind hier folgende:

1) *Die Wirkung auf die Säule, wenn sich in S ein durchsichtiger Körper befindet, rührt nicht von dessen Erwärmung her.*

*Beweis.* Man nähere die Locatellische Lampe, bis man eine Ablenkung von  $30^\circ$  bekommt. Dann stelle man bei S eine Glasplatte hin. Jetzt wird die Ablenkung geringer seyn, z. B.  $16^\circ$ . Nun ersetze man die klare Glasplatte durch eine mit Tusch geschwärzte. Jetzt wird die Ablenkung Null seyn, ungeachtet die Erwärmung der schwarzen Glasplatte mindestens eben so groß ist als die der klaren (S. 124 und 387).

2) *Die Zeit des Wärmedurchgangs ist unmeßbar.*

*Beweis.* Man lege, während der Schirm E" aufgerichtet ist, einen 5" bis 6" dicken Bergkrystall mit wohl polirten Endflächen auf das Stativ S, und schlage nun den Schirm E" zurück. Innerhalb 7" bis 8" wird nun das Galvanometer den ersten Impulsionsbogen durchwandern und in 90" seine stabile Ablenkung erreichen, gerade wie wenn der Krystall nicht da wäre.

3) *Gleich dicke und gleich durchsichtige Platten lassen nicht gleiche Mengen strahlender Wärme durch.*

*Beweis.* Man stelle auf den Träger S successiv eine Steinsalz-, eine Bergkrystall- und eine Glasplatte, jede drei oder vier Millimeter dick. Bewirkt die freie Strahlung eine Ablenkung von  $30^\circ$ , so bekommt man mit dem Steinsalz  $28^\circ$ , mit dem Bergkrystall  $15^\circ$  bis  $16^\circ$  und mit dem Glase  $3^\circ$  bis  $4^\circ$ .

4) *Von zwei ungleich durchsichtigen Platten kann*

die weniger durchsichtige die größere Menge Wärmestrahlen durchlassen.

*Beweis.* Wenn die Ablenkung bei der freien Strahlung z. B.  $30^\circ$  ist, bringt eine klare Alaunplatte sie auf  $3^\circ$  bis  $4^\circ$  herab, eine weit dickere Platte von sehr dunkeln Rauchtöpseln aber nur auf  $14^\circ$  bis  $15^\circ$ .

5) Gewisse Combinationen zweier Mittel lassen eine bedeutende Menge Lichtstrahlen durch und fangen fast alle Wärmestrahlen auf, während andere Combinationen im umgekehrten Sinne wirken.

*Beweis.* Man stelle vor der Säule auf: einmal eine Platte von einem gewissen klaren Glase nebst einer Alaunplatte, und ein ander Mal eine Platte von schwarzem Glase nebst einer von Steinsalz. In dem ersten Fall bekommt man keine Ablenkung, in dem letzten eine von  $7^\circ$  bis  $8^\circ$ .

Die drei letzten Versuche beweisen aufs Einleuchtendste, daß die Transparenz der Körper für die strahlende Wärme verschieden ist von der Durchsichtigkeit. Daher Hrn. Melloni's Eintheilung der Körper in *diathermane* und *athermane*, je nachdem sie strahlende Wärme durchlassen oder auffangen (S. 295).

6) Gewisse Substanzen sind *diatherman*, obwohl ganz opak.

*Beweis.* Das schwarze Glas giebt eine Ablenkung von  $7^\circ$  bis  $8^\circ$  (<sup>1</sup>).

7) In Folge des Durchgangs durch eine klare Platte erleidet die strahlende Wärme eine von der Natur dieser Platte abhängige Veränderung, vermöge welcher sie andere Substanzen in größerer oder geringerer Menge durchdringt.

*Beweis.* Die Platte von der eigenthümlichen Sorte klaren farblosen Glases, von der unter 5) die Rede war, ist nur gepaart mit einer Alaunplatte *atherman*; für sich

1) Einen andern Beweis liefern die rechtwinklig gekreuzten Turmalinplatten (Siehe S. 533), und der schwarze Glimmer (S. 404).

bewirkt sie eine Ablenkung von  $7^{\circ}$  bis  $8^{\circ}$ , wie das undurchsichtig schwarze Glas.

Ferner: Man stelle in *S* eine klare Glasplatte auf, und nähere die Lampe bis man eine Ablenkung von  $30^{\circ}$  erhalten hat. Jetzt stelle man vor oder hinter der Glasplatte eine Alaunplatte auf, und sogleich wird der Galvanometerzeiger auf  $0^{\circ}$  zurückgehen.

Darauf nehme man beide Platten fort, stelle eine Platte von Citronensäure auf, und nähere die Lampe bis man wieder eine Ablenkung von  $30^{\circ}$  erhalten hat. Schaltet man nun eine Alaunplatte ein, so geht der Galvanometerzeiger nur zwei bis drei Grad zurück. Die zur Citronensäure hinaustretenden Strahlen pflanzen sich also durch den Alaun in größerer Menge fort als die directen Strahlen der Lampe.

Ueber Hrn. Melloni's Erklärung dieser Erscheinungen, und Bedeutung des Wortes *Diathermansie* siehe S. 536.

8) *Die strahlende Wärme besitzt eine eigenthümliche Diathermansie, je nach der Quelle, aus welcher sie entsprungen ist.*

*Beweis.* Als Wärmequelle wende man einmal den glühenden Platindraht und ein ander Mal das bis  $400^{\circ}$  erhitze Kupfer an, und nähere beide der Säule so weit, bis man eine Ablenkung von  $30^{\circ}$  erhält. Dann nehme man eine Alaun-, eine Steinsalz- und eine Bergkrystallplatte, sämmtlich von gleicher Dicke, und stelle sie nach einander in diese beiden Strahlungen. Die Ablenkungen werden nun in diesen sechs Fällen seyn:

	Glühendes Platin.	Heißes Kupfer.
Alaun	0	0
Steinsalz	28	28
Bergkrystall	$13^{\circ}$ bis $14^{\circ}$	$1^{\circ}$ bis $2^{\circ}$

9) *Steinsalz ist ein wahrhaft diathermanes Mittel*

*ohne Diathermansie, das alle Wärmestrahlen gleich gut durchläßt.*

Aus No. 8 folgend; siehe auch S. 401.

10) *Die Richtung, in welcher Platten aus Krystallen geschnitten werden, hat auf die Menge der von ihnen durchgelassenen Wärmestrahlen keinen Einfluss.*

Siehe S. 299.

11) *Die strahlende Wärme wird beim Durchgang durch Turmalinplatten nicht polarisirt.*

Siehe S. 533, aber auch S. 553.

#### Brechung (S. 410).

Wenn, nachdem die bis  $400^{\circ}$  erhitze Kupferplatte mit ihrer Weingeistlampe auf das Stativ  $S'$  gesetzt und der Schirm  $E'$  fortgenommen ist, die Säule auf ihrem Stativ gedreht wird, so gelangt man bald zu einer Lage, bei der die von der Quelle ausgesandten dunkeln Wärmestrahlen nicht mehr in die Röhre eintreten und auf die Vorderseite der Säule gelangen können, und wenn man alsdann den Schirm  $E''$  zurückschlägt, findet keine Bewegung am Galvanometer mehr statt.

Jetzt bringe man das Stativ  $S$  nahe an die Säule und stelle dicht vor der Oeffnung der Röhre und in deren Axe ein Steinsalzprisma senkrecht auf, mit seinem Winkel von etwa  $60^{\circ}$  abgewandt von dem Winkel, den die von der Quelle nach dem Ende der Röhre gezogene Linie bildet. Sogleich sieht man den Galvanometerzeiger aus der Gleichgewichtslage weichen und einen mehr oder weniger großen Bogen beschreiben. Dreht man den brechenden Winkel nach entgegengesetzter Seite, so kehrt der Zeiger in seine ursprüngliche Stellung zurück. Aus diesen beiden Versuchen folgt offenbar, *dafs die dunkeln Wärmestrahlen brechbar sind.*

Man kann auch beweisen, *dafs die dunkeln Wärmestrahlen, nachdem sie unter einem gewissen Winkel auf der Hinterfläche des Prismas angelangt sind, in*

das Innere des Prismas zurückgeworfen werden und dann zur Vorderfläche hinaustreten, ganz wie das Licht. Zu dem Ende braucht man nur das Prisma langsam auf seiner Axe zu drehen bis die Strahlen fast senkrecht auf seine Vorderfläche fallen. Stellt man alsdann das Auge hinter der Säule in der Verlängerung der oberen Linie der Röhre, so erblickt man ein ziemlich lebhaftes Bild von der geschwärzten Kupferplatte, und zugleich bemerkt man eine beträchtliche Ablenkung am Galvanometer.

Unnötig ist es wohl zu bemerken, daß auch die Wärmestralen der Flamme und des glühenden Platins alle diese Richtungsveränderungen erleiden. Und eben so finden sie sich bei der Wärme, welche die Wände eines geschwärzten und mit heißem Wasser gefüllten Gefäßes aussenden.

#### Zurückwerfung.

Um die Versuche über die Reflexion der Wärmestralen anzustellen, muß man die Orte des Schirms  $E'$  und des Gestells  $S$  gegen einander vertauschen, dann das Stativ  $S'$ , nachdem man auf dasselbe die Lampe mit dem glühenden Platin gestellt hat, erhöhen, eben so auch den Träger der Säule, und nun die Axe dieser letzteren neigen, so daß sie auf die Oeffnung  $O$  des Schirms  $E'$  gerichtet ist. Leicht ersichtlich ist, daß die Säule bei dieser Einrichtung vor den directen Strahlen der Wärmestralen geschützt ist, und daß zu ihrer Vorderseite nur diejenigen Strahlen gelangen können, welche die Mitte des Trägers  $S$  treffen und von einem dort befindlichen Körper reflectirt werden.

Zuvörderst muß man zeigen, daß die Temperatur, welche der reflectirende Körper unter Einwirkung der strahlenden Wärme erlangt hat, nicht auf die Resultate einwirken kann. Zu dem Ende richte man den Schirm  $E''$  in die Höhe und lege auf  $S$  irgend eine wohl mit Ruß überzogene Platte. Die Erhitzung derselben ist weit

stärker als die der reflectirenden Flächen, und dennoch, wenn man den Schirm  $E''$  wieder zurückschlägt, macht die Galvanometernadel keine Bewegung.

Hat man sich überzeugt, daß eine reflectirende Fläche, welche am meisten zur Absorption von Wärme geeignet ist, keine merkliche Wirkung auf die Säule ausübt, so geht man zu den Versuchen über, indem man statt der geschwärzten Platte polirte von verschiedenen Körpern nimmt, und die erzeugten Ablenkungen beobachtet.

Auf diese Weise findet man, daß Wasser und Flüssigkeiten überhaupt, Fayence, Email- und Marmorsorten eine Ablenkung von nicht über  $7^\circ$  bis  $8^\circ$  geben, während Metalle, je nach ihrer Natur und nach dem Zustande ihrer Oberfläche den Galvanometerzeiger um  $20^\circ$  bis  $45^\circ$  ablenken. Wenn die Reflexion einer matt vergoldeten Kupferplatte  $30^\circ$  beträgt, so ist dagegen die von einer Platte Marmor oder schwarzen Glases von der höchsten Politur nur  $4^\circ$  bis  $5^\circ$ .

#### Strahlung gegen entfernte Gegenstände und den Himmelsraum.

Bisher hatte man nur ein dünnes Bündel mit der Axe paralleler Strahlen auf das Thermoskop fallen lassen, und alle übrigen mittelst der Röhre und des durchbohrten Schirms abgehalten. Allein nimmt man den Schirm fort und ersetzt die Röhre durch einen konischen Reflector von polirtem Kupfer und einem Winkel von  $20^\circ$  bis  $25^\circ$ , so sammelt man auf die Säule eine weit beträchtlichere Menge Wärmestralen, und ihre ohnehin schon große Empfindlichkeit wird wahrhaft erstaunlich.

Richtet man die Axe des Reflectors auf ein etwas großes Gefäß voll heißen Wassers in der Entfernung von 20 bis 25 Fufs, so geht der Zeiger sogleich aus seiner Gleichgewichtslage und erreicht eine mehr oder weniger große Abweichung. Eine ähnliche Wirkung bringt

die Wärme einer in derselben Entfernung befindlichen Person hervor. Dreht man endlich den Reflector blofs gegen eine der Wände des Saals, worin sich der Apparat befindet, so sieht man fast immer das Galvanometer eine Ablenkung angeben, bald nach Seite der Wärme, bald nach Seite der Kälte. In gewissen Zimmern kann man zuweilen den Zeiger einen Bogen von  $70^{\circ}$  bis  $80^{\circ}$  diefs- und jenseits des Nullpunkts beschreiben machen, wenn man die Oeffnung des Apparats allmählig von Norden nach Süden dreht, so dafs also geringe Temperaturunterschiede, welche man selbst nicht entdecken würde, wenn man die Wände mit der Kugel eines sehr empfindlichen Thermometers berührte, hinreichend sind, die Nadel des Thermo-Multipliers fast bis zu den beiden äufsersten Gränzen des Kreisbogens zu treiben.

Bekannt ist Wollaston's Versuch, wornach man in einer freien Ebene, einige Fufs über dem Boden, einen Hohlspiegel gegen den Himmel richtet, und darauf in dessen Brennpunkt die Kugel eines Thermometers anbringt. Wenn die Temperatur etwas hoch ist, der Himmel rein und die Luft rubig, sieht man das Thermometer einige Grade fallen, durch den Verlust eines Theils seiner Wärme, welche gegen den Spiegel strahlt, und von diesem in die Himmelsräume reflectirt wird. Dieser Versuch, der späterhin von Leslie mittelst des Aethrioskops wiederholt ward <sup>1)</sup>, erfordert nur ein wenig Ruhe der Luft, um mit dem Thermo-Multiplier immer vollständig zu gelingen. Man braucht nur die Säule auf eine Fensterbank zu stellen und den Reflector gegen den Himmel zu richten, so geht der Zeiger sogleich auf Seite der Kälte, und es tritt eine desto gröfsere Abweichung ein, je freier die Luft von Dünsten ist. Und wenn bei heiterem Wetter leichte Wolken schnell durch die Himmelsgegend ziehen, auf welche die Axe des Reflectors gerichtet ist, so sieht man die Nadel sich dem Nullpunkt

1) Annalen, Bd. XXVII S. 455.

nähern, also eine Temperaturzunahme anzeigen, und so gleich, wie das Gewölk verschwunden ist, wieder ihre ursprüngliche Lage annehmen.

#### Ausstrahlungsvermögen.

Die Versuche von Leslie über das Emissions- oder Ausstrahlungsvermögen der Körper gelingen vollkommen mit dem eben beschriebenen Apparat. Nachdem man ein kubisches Gefäß, dessen senkrechte Wände vier verschiedene Oberflächenzustände besitzen, mit heissem Wasser gefüllt hat, stellt man dasselbe auf den Träger *S*, den man bis zum Ende der Nuthe fortschiebt. Dreht man nun den Träger um seine Axe, so daß das Gefäß successiv seine vier Seitenflächen dem Reflector zukehrt, so wird jedesmal eine andere Abweichung am Galvanometer erzeugt. Die Temperatur des Wassers sinkt zwar etwas während der vier Beobachtungen, allein man erhält sehr genaue Angaben, wenn man zwei Reihen von Beobachtungen in entgegengesetzter Ordnung anstellt. Man kann auch sehr scharfe Resultate erhalten, wenn man das Wasser mittelst einer kleinen Weingeistlampe im Sieden erhält, wobei man aber durch Schirme wohl dafür sorgen muß, daß die Strahlen der Flamme nicht die Säule treffen, die vielmehr bloß der Strahlung von Seiten der Wände des Gefäßes ausgesetzt seyn muß. Auf diese Weise wurde das Emissionsvermögen nachstehender sechs Substanzen bestimmt:

Kienrufs	100	Tusch	85
Bleiweiß	100	Gummilack	72
Hausenblase	91	Metallfläche	12

#### Absorptionsvermögen.

Das Absorptionsvermögen der Oberflächen in der Luft wurde bisher bestimmt, indem man verschiedene Substanzen auf die Wände des den thermoskopischen Kör-



per einschliessenden Gefäßes auftrug, was indess oft unübersteigliche Schwierigkeiten darbot und immer grossen Zeitverlust mit sich führte. Die ausserordentliche Empfindlichkeit des Thermo-Multipliers erlaubt, denselben Zweck auf eine weit sichere und bequemere Weise zu erreichen. Man nimmt nämlich eine dünne Kupferscheibe, die etwas grösser ist als die Oeffnung des Reflectors, und schwärzt sie auf der einen Seite, nachdem man die andere in einem gewissen Oberflächenzustand versetzt oder mit irgend einer Substanz überzogen hat. Diese Scheibe befestigt man dicht vor dem Reflector, mit der geschwärzten Fläche gegen die Säule gewandt, stellt die Locatellische Lampe auf ihr Stativ und schlägt den Schirm *E* zurück. In einigen Secunden werden die von der Vorderfläche der Scheibe absorbirten Wärmestralen das Metall durchdringen, an der geschwärzten Hinterfläche anlangen und von da zur Säule strahlen. Die Ablenkung des Galvanometers beginnt, sie steigt allmählig, ohne Oscillationen, und in 5' bis 6' erreicht sie ein stabiles Maximum. Um das Absorptionsvermögen verschiedener Substanzen in der Luft zu erhalten, braucht man sie nur auf ähnliche Kupferscheiben, wie die eben erwähnte, aufzustreichen, und die unter ihrem Einflusse erzeugten Ablenkungsmaxima zu beobachten.

Scheiben mit den Substanzen bestrichen, die oben bei den Versuchen über das Emissionsvermögen genannt wurden, gaben folgende Resultate:

Kienrufs	100	Tusch	96
Bleiweiss	53	Gummilack	43
Hausenblase	52	Metallfläche	14.

»Nach der Vorstellung, die ich mir von der Wirkung der Körper auf die Wärmestrahlungen gebildet habe, sagt Hr. Melloni, sind Absorptions- und Emissionsvermögen nichts weiter als eine und dieselbe Eigenschaft, oder, besser gesagt, als zwei gleiche und entgegengesetzte

Actionen, ganz analog der Verschluckung und Entwicklung von Wärme, die beim Uebergang aus dem flüssigen Zustand in den gasigen und rückwärts aus diesem in jenen stattfindet. Nun weiß man, daß die Wärmemenge, welche ein gegebenes Gewicht von einer Flüssigkeit, z. B. ein Gramm Wasser, absorbirt (wenn es nämlich in Dampf-Form übergeht. *P.*), gleich ist der Wärmemenge, welche bei der Verdichtung von einem Gramm Wasserdampf entwickelt wird. Wenn also der Vergleich richtig wäre, wie Alles mich glauben liefse, so würde eine Fläche, die zwei oder drei Mal so viel Wärme ausstrahlt als eine andere, auch genau zwei oder drei Mal so viel Wärme absorbiren als diese <sup>1)</sup>. Allein die Zahlen, welche wir eben fanden, stimmen nicht genau mit den der vorhergehenden Versuche. Wenn diese Unterschiede sich bloß bei den Metallflächen fänden, würde ich sie nicht beachten, denn der Grad der Politur kann in jedem einzelnen Fall ein anderer seyn. Allein so verhält es sich nicht mit dem kohlensauren Blei, Gummilack, der Hausenblase, und den andern Substanzen, die in gleich dicken Schichten auf die Scheiben und auf den Würfel gestrichen worden waren, und also für die Absorption dieselben Verhältnisse hätten geben müssen wie für die Emission. Nun fehlen aber, wie man sieht, an der Gleichheit beider Vermögen, bei dem Tusch 0,11, beim Gummilack 0,29, bei der Hausenblase 0,39 und beim kohlensauren Bleioxyd 0,47. Woher entspringen diese auffallende Unterschiede? "

Nun haben wir gesehen, daß man bei jeder Wärmestrahlung zwei Dinge unterscheiden muß, die Kraft oder Intensität der Strahlen und ihre Diathermansie. Bei Wiederholung der Absorptionsversuche in verschiedenen Abständen von der Wärmequelle lieferten sie mir beständig die obigen Verhältnisse, und dies beweist, daß das Phänomen nicht von der Intensität abhing; es entsprang daher aus der Diathermansie. In der That, als die Scheiben nach einander der Strahlung des glühenden

1) Vergl. Annal. Bd. XXVIII S. 378.

Platins, des bis 400° erhitzten Kupfers und des mit siedendem Wasser gefüllten Kupfergefäßes ausgesetzt wurden, gaben sie:

	Glühendes Platin.	Kupfer von 400° C.	Kupfer von 400° C.
Kienrufs	100	100	100
Bleiweiß	56	89	100
Hausenblase	54	64	91
Tusch	95	87	85
Gummilack	47	70	72
Blanke Metallfläche	13,5	13	13

Sieht man für einen Augenblick vom letzten Falle ab, so beweist der Vergleich dieser numerischen Resultate mit denen der vorherigen Versuche:

1) *Dafs das Absorptionsvermögen der Oberflächen bedeutend verschieden ist nach dem Ursprung der Wärmestrahlen.*

2) *Dafs es dem Emissionsvermögen, welches dieselben Oberflächen bei der Siedhitze des Wassers besitzen, immer näher kommt, so wie man Wärmequellen von weniger hoher Temperatur anwendet, und dafs es endlich mit diesem Emissionsvermögen genau zusammenfällt, wenn die Temperatur der strahlenden Quelle 100° ist.*

Diese Schwankungen geschehen indess nicht alle in demselben Sinn, denn bei dem Bleiweiß, der Hausenblase und dem Gummilack nimmt das Absorptionsvermögen zu, in dem Maafse als die Temperatur der Wärmequelle abnimmt, und bei der Tusche scheint es dagegen mit dieser Temperatur abzunehmen. Was die blanke Metallfläche betrifft, so scheint ihr Absorptionsvermögen für die verschiedenen Wärmestrahlungen gleich zu bleiben, so dafs also Metallspiegel von der Wärme jeglicher Abkunft einen constanten Antheil reflectiren würden.

Diese wichtige Eigenschaft hat Hr. Melloni noch

auf folgende Weise bestätigt gefunden. In die Bahn der Strahlen, die successiv von verschiedenen wohl polirten und auf die in dem Artikel Reflexion angegebene Weise auf das Stativ hingelegeten Metallplatten reflectirt worden waren, stellte er dünne Platten von Glimmer, Glas, Gyps und andern Körpern, deren diathermisches Vermögen für die directen Strahlen der Wärmequelle er kannte. Die Verhältnisse zwischen diesem Vermögen der genannten Körper variirten nicht merklich (d. h. waren bei den reflectirten Strahlen nicht merklich verschieden von denen bei den directen Strahlen. *P.*). Mit gleichem Erfolg wurde dieser Versuch mit der strahlenden Wärme des glühenden Platins, des bis  $400^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  erhitzten Kupfers wiederholt. Was die Strahlen der Oelflamme betrifft, so braucht man nur den Reflector der Locatellischen Lampe abzunehmen, nachdem man sie der Säule genähert hat, und die Durchgänge durch eine Reihe von Körpern zu beobachten. Man wird sie vollkommen denen gleich finden, welche man mittelst der mit ihrem Reflector versehenen Lampe erhält. *Metallspiegel verändern also in dem Acte der Reflexion nicht die Quantitätsverhältnisse zwischen den verschiedenen Arten von Wärmestrahlen, die von den mit Diathermansie begabten Mitteln durchgelassen werden, d. h. sie reflectiren gleichmäfsig alle Arten von Wärmestrahlen.*

Einfluss der Transmission auf das Absorptionsvermögen.

Wenn man, nachdem man das directe Absorptionsvermögen verschiedener Substanzen gemessen hat, in einer gewissen Entfernung eine Glasplatte einschaltet, so dass die Wärmestrahlen dieselbe durchdringen müssen, ehe sie zur Scheibe gelangen, und man nun die galvanometrischen Ablenkungen beobachtet, welche durch die Erwärmung verschiedener Oberflächen erzeugt werden, so erfährt man die Absorptionen, welche die nämlichen Oberflä-

flächen auf die von der Glasplatte unmittelbar durchgelassenen Strahlen ausüben.

Auf diese Weise hat Hr. Melloni folgende Resultate erhalten:

	Vor der Dazwischensetzung des Glases.	Nach
Kienrufs	100	100
Bleiweiß	53	24
Hausenblase	52	45
Tusch	96	100
Gummilack	43	30
Metallfläche	14	17

Die Absorptionskräfte werden also durch die Transmission abgeändert.

Die erste Thatsache dieser Art ist von Hrn. Powell beobachtet, mittelst zweier gleich empfindlicher Thermometer, von denen das eine auf der Kugel mit Tusch und das andere mit angerührter Kreide bestrichen worden war.

Späterhin hat Hr. Melloni gefunden (Siehe S. 544), und zwar durch eine Reihe von Versuchen mit einer thermo-elektrischen Säule, die auf einer Seite mit Bleiweiß und auf der andern Seite mit Kienrufs überzogen war, daß das Absorptionsverhältniß dieser beiden Oberflächen zwischen weit aus einander liegenden Gränzen mit der Natur des dazwischengestellten Schirms variierte. Diefes Verhältniß, welches für die directe Wärme einer Lampe 0,80 war, wurde mit farblosem Glase = 0,54, mit Alaun = 0,43 und mit schwarzem Glase = 0,84; mit dem Steinsalz behielt es aber seinen natürlichen Werth 0,80.

Da jede diathermane Substanz nur gewissen Arten von Wärmestrahlen den Durchgang gestattet, so ist es nicht auffallend, daß die durch verschiedene Schirme gegangene Wärme mehr oder weniger leicht von einer ge-

gebenen Oberfläche absorbirt wird. Auch sieht man das Steinsalz, welches alle Arten Wärmestrahlen durchläßt, keinen Einfluß auf die Absorptionsfähigkeit der durchgelassenen Wärme ausüben.

Alle Thatfachen, welche bisher auseinandergesetzt wurden, beziehen sich direct auf die strahlende Wärme; allein der Verfasser macht am Schlusse seiner Abhandlung die Bemerkung, daß sein Apparat, obwohl eigentlich zum Erweise dieser Thatfachen bestimmt, doch mit Vortheil zum Studium mehrer Erscheinungen angewandt werden kann, die den Gebrauch gewöhnlicher Thermometer erfordern. Als Beispiel davon führt er die Erkal tung an, welche Flüssigkeiten beim Verdunsten hervorbringen. Wirklich braucht man nur in einer gewissen Entfernung vom Reflector eine Leinwand auszuspannen und mit einigen Tropfen Wasser zu benässen, um sogleich den Zeiger des Galvanometers auf Kälte zurückgehen zu sehen.

### III. *Chemische Wirkung des Sonnenspectrums.*

Prof. Hefslor in Grätz hat gefunden, daß die Wirkung des Sonnenspectrums auf ein mit Gummiwasser bestrichenes und mit Chlorsilber übersiebtcs Papier verschieden ist nach der Substanz des angewandten Prisma, sowohl in Bezug auf die Ausdehnung der Schwärzung, als auf die Lage ihres Maximums und die Zeit, in welcher dasselbe zu Stande kommt. Die Zeit war beim Wasser und Weingeist fast Null, beim Terpenthin- und Cassiaöl 12 bis 13 Minuten, beim Flintglase 2,3, beim Kronglase 1,5. Das Maximum lag beim Spectrum des Weingeistes im Violett nahe am Blau, bei dem des Wassers mitten im Violett, bei dem des Cassiaöls 23 Linien außerhalb des violetten Randes. (Baumgartner's Zeitschrift, Bd. III S. 336. — Welchen Einfluß hat hier die Dicke des Prismas? P.)

#### IV. Versuche über Circularpolarisation des Lichtes; von H. W. Dove.

##### 1) Darstellung derselben durch gepresste Gläser.

Wenn zwei senkrecht auf einander polarisirte Wellensysteme gleicher Intensität, welche in derselben Richtung sich fortpflanzen, in ihrem Gange um eine ungerade Anzahl von Viertel-Undulationen sich unterscheiden, so werden die Theilchen in dem daraus resultirenden Wellensysteme um ihre Gleichgewichtslage kleine Kreise, und zwar mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschreiben, d. h. das Licht wird circular polarisirt seyn. Jedes Mittel diesen beiden Bedingungen zugleich zu genügen, nämlich der der gleichen Intensität der auf einander senkrecht polarisirten Wellensysteme, und der des bestimmten Gangunterschiedes von einer ungeraden Anzahl von Viertel-Undulationen, wird daher eine Methode abgeben, das Licht circular zu polarisiren.

Fresnel und Airy haben auf verschiedenen Wegen diess geleistet. Die dritte Art, welche ich hier auseinandersetzen werde, ist in der Ausführung wenigstens eben so bequem als die bisherigen, giebt außerdem näheren Aufschluss über die Erscheinungen gepresster und gekühlter Gläser im polarisirten Lichte.

Der Bedingung der gleichen Intensität der senkrecht auf einander polarisirten Systeme entspricht Fresnel dadurch, dass er das einfallende Licht in einer Ebene polarisirt, welche mit der Ebene der totalen Reflexion in einem Glasperallelopiped einen Winkel von  $45^\circ$  oder  $135^\circ$  macht. Die in der und senkrecht auf die Reflexionsebene polarisirten Lichtmengen werden nämlich dann nach der Fresnel'schen Intensitätsformel einander

gleich. Den Phasenunterschied von einer Viertel-Undulation erhält er aber durch *zweimalige* totale Reflexion, weil nach einmaliger unter den gegebenen Umständen die Vibrationsperioden der reflectirten Wellen nicht mehr coincidiren, sondern einen Phasenunterschied von  $\frac{1}{8}$  Undulation zeigen.

Airy's Verfahren beruht auf einem anderen Princip. Betrachtet man ein parallel der Axe geschnittenes Blättchen eines einaxigen Krystalls, dessen Axe mit der Polarisationsebene des einfallenden Lichtes einen Winkel  $a$  macht, durch ein Kalkspathrhomboëder, dessen Hauptschnitt unter dem Winkel  $b$  gegen die Ebene der primitiven Polarisation geneigt ist, so ist, wenn  $I_o$ ,  $I_e$  die Intensitäten der beiden senkrecht auf einander polarisirten Bilder bezeichnen, allgemein:

$$I_o = \cos^2 b - \sin 2a \sin 2(a-b) \cos^2 \pi \left( \frac{o-e}{\lambda} \right)$$

$$I_e = \sin^2 b + \sin 2a \sin 2(a-b) \sin^2 \pi \left( \frac{o-e}{\lambda} \right),$$

wo  $\lambda$  die Undulationslänge für eine bestimmte Farbe,  $o-e$  der Gangunterschied der beiden Strahlen und 1 die Intensität des auf das Krystallblättchen senkrecht auffallenden polarisirten Lichtes bezeichnet. Lässt man nun die Axe des Blättchens einen Winkel von  $45^\circ$  mit der Ebene der primitiven Polarisation machen, d. h. setzt man  $a=45^\circ$ , so wird:

$$I_o = \cos^2 b - \cos 2b \cos^2 \pi \left( \frac{o-e}{\lambda} \right)$$

$$I_e = \sin^2 b + \cos 2b \sin^2 \pi \left( \frac{o-e}{\lambda} \right).$$

Kann man nun durch irgend ein Mittel den Gangunterschied der beiden Strahlen einer ungeraden Anzahl von Viertel-Undulationen gleich machen, so wird der zweiten Bedingung entsprochen, zugleich aber auch der ersten, nämlich der der gleichen Intensität. Setzt man nämlich:



$$o - e = \left[ \left( \frac{2n-1}{4} \right) \lambda \right],$$

so wird:

$$I_o = \cos^2 b - \frac{1}{2} \cos 2b = \frac{1}{2}$$

$$I_e = \sin^2 b + \frac{1}{2} \cos 2b = \frac{1}{2}.$$

Der Gangunterschied  $o - e$  hängt von zwei Größen ab, von der *Dicke des Blättchens*, welcher er direct proportional ist, und von dem *Unterschied der Geschwindigkeiten* der beiden das Blättchen durchlaufenden Strahlen, d. h. von den Constanten der Doppelbrechung.

Das Verfahren von Airy besteht nun darin, daß er bei gleichbleibender Doppelbrechung die Dicke des Blättchens durch Spalten so lange ändert, bis der Gangunterschied beider Strahlen gleich ist einem ungeraden Vielfachen von Viertel-Undulationen. Da der zweiaxige Glimmer unter senkrechter Incidenz des Lichtes sich wie ein einaxiger Krystall verhält, und er das Spalten in größere Blättchen am besten gestattet, so wird er dazu vorzugsweise anwendbar seyn. Ich ändere hingegen bei gleichbleibender Dicke die Doppelbrechung der Substanz, bis der verlangte Gangunterschied erhalten wird.

In einem Krystallblättchen durch Druck oder Temperaturänderung die Strahlenbrechung so abzuändern, daß es bei einer gegebenen Dicke die verlangte Wirkung äußere, möchte in der Anwendung keine bequeme Vorrichtung abgeben. Sehr leicht ist es aber einen unkrySTALLisirten Körper durch Druck oder Abkühlung in einen doppelbrechenden zu verwandeln, welcher gerade die verlangte Wirkung äußert.

In dem von Fresnel angegebenen, aus vier Prismen bestehenden Apparate, durch welchen die Doppelbrechung des Glases direct nachgewiesen wird, ist von den beiden entstehenden Bildern das eine parallel der Compressionsaxe, das andere senkrecht auf dieselbe polarisirt, woraus hervorgeht, daß die Axe der doppelten Strahlenbrechung mit der Compressionsaxe zusammenfällt.

Wenn man eine quadratische oder kreisrunde Glasscheibe daher so zusammendrückt, daß die Compressionsaxe mit der Ebene der primitiven Polarisation einen Winkel von  $45^\circ$  oder  $135^\circ$  macht, so wird das durch die Mitte der Scheibe hindurchgehende Licht bei einem gewissen Grade der Zusammendrückung circular polarisirt seyn. Denken wir uns nun eine Kreistheilung lothrecht auf den einfallenden Strahl so gelegt, daß die Polarisationsebene durch die Punkte  $90^\circ$  und  $270^\circ$  hindurchgeht, so zeigt, wenn die Compressionsaxe durch  $45^\circ$  und  $225^\circ$  geht, eine senkrecht auf die Axe geschnittene Kalkspathplatte in dem durch die Mitte des geprefsten Glases gehenden Lichte statt des schwarzen Kreuzes die Ringe im zweiten und vierten Quadranten (rechts oben und links unten) um ein Viertelintervall vom Mittelpunkt fortgeschoben, im ersten und dritten Quadranten hingegen (links oben und rechts unten) den Mittelpunkt um dieselbe Gröfse näher gerückt. Gerade das Umgekehrte findet statt, wenn die Compressionsaxe durch die Theilungspunkte  $135^\circ$  und  $315^\circ$  geht.

Man sieht hieraus, daß die Winkel, welche in dem Fresnel'schen Parallelopiped die Ebene der zweimaligen totalen innern Reflexion mit der Ebene der primitiven Polarisation macht, gleich seyn müssen den Winkeln, unter welchen die auf die Compressionsaxe lothrechte Ebene gegen die der primitiven Polarisation geneigt ist, wenn durch beide Vorrichtungen dieselben Erscheinungen hervorgebracht werden sollen.

Es bedarf nun weiter keiner besonderen Ableitung, daß bei einer ganzen Umdrehung der Platte in ihrer Ebene um den lothrecht einfallenden Strahl als Drehungsaxe das Licht viermal geradlinig und viermal circular polarisirt seyn wird, und zwar geradlinig, wenn der Angriffspunkt der zusammenpressenden Schraube in den Punkten  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  liegt, d. h. wenn die Compressionsaxe senkrecht auf der Ebene der primitiven Po-

larisation steht oder in ihr liegt, hingegen circular, wenn jener Angriffspunkt den Theilungspunkten  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $315^\circ$  entspricht, wobei  $45^\circ$  und  $225^\circ$ , so wie  $135^\circ$  und  $315^\circ$  gleiche Wirkung zeigen.

Combinirt man zwei gepresste Platten und zwei Turmalinplatten so, daß die auf einander senkrechten Compressionsaxen der zwischen den gekreuzten Turmalinplatten befindlichen Glasplatten mit deren Axen Winkel von  $45^\circ$  bilden, so zeigt eine zwischen die Glasplatten gelegte Kalkspathplatte die Ringe ohne Kreuz mit dem schwarzen Fleck in der Mitte, hingegen die complementären, wenn man die Axen der Turmaline oder die Compressionsaxen der Glasplatten einander parallel macht. Macht man eine Compressionsaxe einer Turmalinplatte parallel, so erhält man die Verschiebung der Ringe in den vier Quadranten um ein Viertelintervall, die Erscheinung ist hierbei aber nicht reciprok, da hier eine ähnliche Umkehrung stattfindet als die, welche eintritt, wenn man einen kreisförmig geschlossenen elektrischen Strom von der entgegengesetzten Seite ansieht; der erste und dritte Quadrant wird dann nämlich der zweite und vierte, und umgekehrt. Macht man die Turmalinaxen und Compressionsaxen sämmtlich einander parallel, so erhält man die Erscheinungen im linear polarisirten Lichte.

Stellt man eine bis zu einem gewissen Grade zusammengepresste runde oder quadratische Glasscheibe so zwischen die gekreuzten Spiegel, daß die Compressionsaxe mit einer der Reflexionsebenen der Spiegel zusammenfällt, so erblickt man auf ihr ein schwarzes Kreuz mit weißen Räumen in den Ecken. Untersucht man vermittelst der Kalkspathplatte diese vier weißen Räume, so findet man, daß die derselben Diagonale angehörigen sich gleich verhalten, aber entgegengesetzt den beiden weißen Räumen der andern, und zwar ist das aus ihnen austretende Licht in der einen Diagonale rechts, in der andern links circular polarisirt. Daraus folgt unmittelbar, daß wenn man

die Platte in ihrer Ebene um  $90^\circ$  dreht, alle weißen Räume in den Diagonalen ihre Wirkung gerade vertauscht haben.

Die von mir bei diesen Versuchen angewendeten Platten hatten einen Durchmesser von  $11\frac{1}{4}$  Linie und eine Dicke von  $3\frac{1}{4}$  Linie.

## 2) Darstellung der Circularpolarisation durch gekühlte Gläser.

Einen Glaswürfel von 17 Linien Seite kühlte ich vorsichtig so ab, daß er zwischen den gekreuzten Spiegeln in der Mitte ein dunkles Kreuz und in den vier Ecken nur das daran gränzende Weiß gab, wenn die Diagonalen der dem Auge zugekehrten Fläche des Würfels Winkel von  $45^\circ$  mit der Polarisationssebene machen. Das Licht der vier weißen Räume verhielt sich gerade so wie das Licht der vier weißen Räume der gepressten Scheibe, wenn die Compressionsaxe derselben in der Polarisationssebene oder senkrecht auf sie lag. Durch excentrische Drehung des Würfels, um den durch einen der weißen Räume senkrecht austretenden Strahl als Drehungsaxe, entstehen daher ähnliche Verwandlungen, indem bei  $90^\circ$  Drehung die Diagonalen ihre Wirkung vertauschen. Statt den Würfel zu drehen kann man ihn, um dieselbe Veränderung zu erhalten, auch so verschieben, daß zwei der parallelen Seiten der dem Auge zugekehrten Fläche senkrecht auf ihre Richtung sich fortbewegen, während die beiden andern in ihrer eignen Verlängerung fortrücken. Man kommt hierbei aus dem weißen Raume der einen Diagonale in den der andern. Die Combinationen zweier gekühlter Gläser, um circular polarisirtes Licht circular zu analysiren, ergeben sich von selbst. Soll das Ringsystem ohne Kreuz mit dem schwarzen Fleck in der Mitte erhalten werden, so combinirt man sie wie in Fig. 5 Taf. IV.

So viel mir bekannt ist, besitzen wir noch keine

directen Versuche über die Doppelbrechung des gekühlten Glases, und da sie in der Theorie der sogenannten beweglichen Polarisation nicht als eine nothwendige Folge seiner Farbenerscheinung im geradlinig polarisirten Licht angesehen wurde, so ist es wünschenswerth, die Beweise, daß diese Farben durch den Gangunterschied der das Glas durchlaufenden Strahlen entstehen, durch neue Versuche zu verstärken. Die folgenden scheinen mir für die Erklärung dieser Farben aus dem Interferenzprincip daher nicht unwichtig.

Wenn ein im Azimuth  $45^\circ$  geradlinig polarisirter Strahl nach zweimaliger totaler Reflexion im Innern eines Fresnel'schen Parallelopiped zwischen den senkrecht auf einander polarisirten Lichtmengen gleicher Intensität einen Phasenunterschied von  $\frac{1}{4}$  Undulation zeigt, so wird dieser Unterschied nach viermaliger Reflexion  $\frac{1}{2}$  Undulation werden, der Strahl also wieder geradlinig, aber senkrecht auf die Ebene der primitiven Polarisation polarisirt seyn. Nach sechsmaliger Reflexion ist er wieder circular, aber links, wenn er es bei zweimaliger rechts war, weil das Azimuth des geradlinig polarisirt einfallenden Lichtes jetzt  $-45^\circ$  statt  $+45^\circ$ , endlich wird nach achtmaliger Reflexion die Ebene der wieder hergestellten Polarisation mit der der primitiven zusammenfallen. Die Erklärung der in den oben angeführten Versuchen beobachteten Erscheinungen der Circularpolarisation beruhte darauf, daß durch Aenderung der Doppelbrechung mittelst einer bestimmten Wärmeverschiedenheit im Innern des angewendeten Körpers, bei unveränderter Dicke desselben, der Gangunterschied der beiden Strahlen gerade  $\frac{1}{4}$  Undulation gleich gemacht wird. Ist diese Erklärung richtig, so muß man durch allmähiges Erwärmen genau dieselben Erscheinungen erhalten, als durch successive Reflexionen im Innern Fresnel'scher Rhomboëder, nur mit dem Unterschiede, daß statt sprungweiser Verschiedenheit man hier einen continuirlichen Uebergang

durch alle Grade der elliptischen Polarisirung zu erwarten hat. Die Versuche bestätigen dies nun vollkommen. Sie müssen natürlich im einfachen Lichte angestellt werden.

### 3) Erscheinungen während des Erhitzens und Abkühlens der Gläser.

Der in der folgenden Abhandlung näher beschriebene Apparat, Taf. IV Fig. 1, wurde nach einer monochromatischen gelben Lampe gerichtet, so daß die in  $l$  befindliche, auf die Axe senkrecht geschnittene Kalkspathplatte die schwarzen Ringe mit dem dunkeln Kreuz in voller Deutlichkeit zeigte, wenn der durch neues Erwärmen und Abkühlen zur vollkommenen Wirkungslosigkeit auf das polarisirte Licht gebrachte Glaswürfel vor dem polarisirenden Nicol'schen Prisma, also zwischen  $k$  und  $o$ , eingeschaltet wurde. Um ihn bequem über einer Lampe zu erhitzen, war das dreiseitige Prisma  $bc$ , der Träger aller polarisirenden Vorrichtungen, so in seine Hülse gesteckt, daß diese nicht über, sondern neben der Stange sich befanden, man muß sich die Lage derselben in der Zeichnung daher um  $120^\circ$  geändert denken. In dem Ring  $m$  war ein Faden ausgespannt, um die Bewegung der Ringe vom Mittelpunkt weg oder zu ihm hin leichter beobachten zu können.

Als die Lampe angezündet wurde, fing das schwarze Kreuz an, sich sogleich in der Mitte zu öffnen, die Kreisbogen im zweiten und vierten Quadranten entfernten sich vom Mittelpunkt, während die des ersten und dritten sich näherten. Nach einiger Zeit entsprachen die dunkeln Bogen der ungeraden Quadranten genau den hellen Räumen der geraden, das Licht war circular polarisirt, der Gangunterschied  $\frac{1}{4}$  Undulation. Während dieses Vorgangs war, außer den schwarz bleibenden Punkten aus der Mitte, das dunkle Kreuz immer heller geworden. Als es völlig verschwunden war, hatten die Bogen, an ihren Enden sich verkürzend, allmählig sich so fortbewegt,

dafs die zwei von dem Centrum ausgegangenen schwarzen Flecke mit den sich nähernden Theilen aus den beiden andern Quadranten den durch vier helle Zwischenräume getrennten inneren Ring bildeten. Alle übrigen Ringe verhielten sich eben so; die Kalkspathfigur hatte sich also gerade so umgestaltet, als wenn das polarisirende Prisma um  $90^\circ$  gedreht worden wäre, das Licht war also linear und senkrecht auf die Ebene der primitiven Polarisation polarisirt, der Gangunterschied der beiden Strahlen  $\frac{1}{2}$  Undulation. Bei weiterer Erwärmung, als der Gangunterschied  $\frac{3}{4}$  Undulationen geworden, war das Licht wieder circular polarisirt, nur mit dem Unterschiede, dafs nun die Ringe im ersten und dritten Quadranten die näheren waren, die im zweiten und vierten die entfernteren, wobei die Richtung der Bewegung der Bogen in den einzelnen Quadranten natürlich dieselbe blieb. Endlich als der Gangunterschied eine ganze Undulation betrug, hatte sich das weisse Kreuz wieder zu vollkommenem Schwarz verdunkelt; die vorher getrennten Bogen schlossen sich zu ganzen Kreisen, das Licht war nach derselben Richtung geradlinig polarisirt als zu Anfang des Versuches. Nun wurde die Lampe entfernt, und die entgegengesetzten Erscheinungen in regelmässiger Folge während des Erkaltes beobachtet <sup>1</sup>).

- 1) Ganz dieselbe Reihenfolge von Erscheinungen läfst sich natürlich auch durch allmählig gesteigerten Druck und Nachlassen desselben hervorbringen. Bei den von mir angewandten Scheiben konnte ich diesen in der Nähe des Angriffspunkts der Schraube aber nur bis zu einem Gangunterschied von  $\frac{3}{4}$  Undulation treiben. Bei stärkeren Druck platzten die Scheiben. Eben so ist es einleuchtend, dafs wenn man eine gekühlte Glasscheibe, welche im weissen Licht, vom Schwarz ausgehend, regelmässige Farbenfolgen zeigt, einschaltet, im einfachen Licht in der Kalkspathplatte dieselben Erscheinungen wahrgenommen werden, wenn man die Platte vor der Oeffnung des polarisirenden Prismas langsam vorbei bewegt. Die verschieden wirkenden Räume liegen, je dicker die Platte ist, einander desto näher.

Die Einwirkung des allmählig von Unten nach Oben sich erwärmenden Glases auf das einfallende Licht ist demnach folgende. Die zuerst geradlinig schwingenden Aethertheilchen fangen an in Ellipsen sich zu öffnen, deren Excentricität immer mehr abnimmt, bis sie Kreise werden. Die vorher größere Axe wird nun die kleinere, und umgekehrt. Mit zunehmender Excentricität gehen die elliptischen Schwingungen in gerade über, welche senkrecht auf den anfänglichen stehn. Während dieses ganzen Vorganges änderte sich der Sinn der Schwingungen nicht, war er von links nach rechts, so bleibt er es. So wie aber die zweite geradlinige Schwingung in eine elliptische sich öffnet, hat der Sinn der Bewegung sich umgekehrt, die Schwingung geschieht nun von rechts nach links, wenn sie vorher von links nach rechts geschah. Die Vibrationen gehen dann durch kreisförmige wieder in die anfänglichen geraden über.

Das aus dem Würfel austretende Licht wurde nun dadurch, daß ein Glimmerblatt  $f$  von passender Dicke zwischen der Kalkspathplatte und dem analysirenden Prisma eingeschaltet wurde, circular analysirt. Die Axe dieses Glimmerblattes lag so, daß die Bogenstücke im ersten und dritten Quadranten vom Mittelpunkt entfernt waren, wenn der Würfel noch unerhitzt war, die Wirkung desselben war also gerade entgegengesetzt der Wirkung des Würfels im ersten Stadium der Erwärmung. Wenn, von diesem Punkte ausgehend, die Ringe ohne Kreuz mit dem schwarzen Fleck in der Mitte sich gebildet hatten, so trennte sich dieser bei steigender Wärme in zwei Flecke, welche sich im zweiten und vierten Quadranten vom Mittelpunkt entfernten, und, nachdem sie durch die Figur im circularen Lichte hindurchgegangen waren, sich mit den herankommenden Bogen aus dem ersten und dritten Quadranten zu einem Kreis schlossen, also das Ringsystem mit heller Mitte gaben, welches man durch Drehung des polarisirenden Prisma um  $90^\circ$  gleich zu Anfang er-



halten haben würde. Die weiter dem Mittelpunkt zuschreitenden Bogen aus dem ersten und dritten Quadranten bildeten dann die entgegengesetzte circulare Figur, und vereinigten sich zuletzt in der Mitte zu einem schwarzen Fleck, während alle Bogen zu Kreisen sich schlossen. Man wird in diesem Vorgang die früher beschriebenen Erscheinungen der linearen Analyse als bedingendes Element leicht wieder erkennen, ohne dafs es nöthig wäre die Formänderung der Ringe, ehe sie in getrennte Bogen aus einander brechen, näher zu beschreiben.

Circulares Licht einfallen lassen, heifst nichts anderes als zu dem durch den erhitzten Würfel hervorgebrachten Phasenunterschied eine constante Gröfse, nämlich  $\frac{2n-1}{4}$  oder  $\frac{2n+1}{4}$  Undulationen hinzu addiren, d. h. den Ausgangspunkt des Versuches ändern. Als ich daher zwischen dem polarisirenden Prisma und dem erhitzten Würfel das Glimmerblättchen  $g$  einschaltete, erhielt ich bei linearer Analyse die zuerst, bei circularer die zuletzt beschriebenen Erscheinungen von einem anderen Ausgangspunkt beginnend.

#### 4) Erscheinungen in den verschiedenen Farben des Spectrum.

Die bisherigen Versuche wurden bei einfallendem einfachen Lichte angestellt, dessen Wellenlänge  $\lambda$  war. Für einen anderen Theil des Spectrum hat aber  $\lambda$  einen anderen Werth. Bezeichnen wir diesen mit  $\lambda_1$ , so wird, wenn:

$$o - e = m \lambda$$

$$o - e = m_1 \lambda_1$$

seyen, also:

$$m - m_1 = (o - e) \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_1} \right).$$

da  $\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_1}$  für eine bestimmte Substanz eine constante

Größe ist, so wird der Unterschied  $m - m_1$  der Größe  $o - e$  proportional seyn. Daraus folgt also:

*Dafs wenn für eine bestimmte Farbe das Licht durch ein eingeschaltetes Krystallblättchen circular polarisirt ist, es für die anderen Farben linear und entgegengesetzt circular polarisirt seyn kann, und dafs der Unterschied zwischen den einzelnen Farben zunimmt mit der Dicke des Blättchens und mit der Intensität der Doppelbrechung.*

Ist das auffallende Licht für die Mitte des Spectrum circular, so ist, wenn der Gangunterschied  $\frac{1}{4}$  für diese Mitte, auch für die äußersten Gränzen des Spectrum das Licht noch nicht linear. Ist es bei  $\frac{1}{2}$  Undulation Gangunterschied im Rothen hier linear, so ist es im Blau circular. Bei  $\frac{3}{4}$  Gangunterschied im Rothen wird es, wenn es hier rechts circular ist, im Blau linear und im äußersten Violett links circular. Lineares Licht im Rothen durch den Gangunterschied 1, giebt links circulares im Grün, senkrecht darauf lineares im Indigo und nähert sich im äußersten Violett dem rechts circularen, endlich links circulares im Roth durch den Gangunterschied  $\frac{5}{4}$  giebt lineares im Gelb, rechts circulares, wo das Blau in Indigo übergeht, und darauf senkrecht lineares bei dem Beginn des Violett u. s. f.

Um dies durch Versuche zu prüfen, wurde ein gleichseitiges Prisma von Guinand'schem Flintglase so aufgestellt, dafs nach Wegnahme der Collectivlinse  $p$  das rothe Ende des Spectrum gerade auf die Oeffnung  $e$  des polarisirenden Nicol'schen Prisma fiel. Hatte nun der Würfel bei allmähigem Erwärmen die Erscheinungen hervorgebracht, welche einem Gangunterschied von  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , Undulation entsprachen, so wurden die andern Farbenstrahlen in die Axe des Polarisationsapparates gebracht und die Veränderung der Kalkspathfigur untersucht. Dies konnte ohne Drehung des Prisma leicht erhalten werden, da mittelst der Auszugsröhre die Höhe des In-

struments, durch Bewegung der prismatischen Stange aber die Neigung desselben beliebig geändert werden kann. Glimmerblätter von verschiedener Dicke wurden eben so wie der erhitzte Würfel untersucht. Am schönsten sieht man die Veränderungen, wenn man, vom Violett anfangend, das Instrument in der Auszugsröhre langsam durch die einzelnen Farben des Spectrum herabsinken läßt. Die allmäligen Uebergänge sind von einem Ende desselben zum andern, von dem Farbenunterschied abgesehen, genau dieselben als die bei dem Erhitzen und Abkühlen des Würfels erhaltenen.

Eben so sind die Erscheinungen, wenn man das auffallende Licht durch ein vor dem Kalkspath eingeschaltetes Glimmerblatt circular analysirt, den früher beschriebenen durchaus ähnlich. Statt der einzelnen Theile des Spectrum kann man sich bei diesen Versuchen natürlich auch monochromatischer Lampen oder der Absorption durch farbige Gläser bedienen. Hat man durch ein Blättchen von bestimmter Dicke in einer Farbe das Licht circular polarisirt, so läßt sich dadurch nur bestimmen, ob der Gangunterschied der beiden Strahlen  $\frac{2n-1}{4}$ , oder ob er

$\frac{2n+1}{4}$  Undulation ist. Prüft man dasselbe Blättchen

aber in den verschiedenen Theilen des Spectrum, so erhält man nach den eben erörterten Versuchen  $n$  selbst bestimmt. Es versteht sich von selbst, dafs, wenn man durch Refraction Erscheinungen der Circularpolarisation im weissen Lichte erhalten will, es anzurathen ist, die Dicke des Blättchens oder die Härtung des Glases so zu bestimmen, dafs der Gangunterschied für die mittleren Strahlen  $\frac{1}{4}$  Undulation wird. Ich bediene mich zu dieser Bestimmung einer durch Kochsalz oder salpetersaures Natron gelb gefärbten Weingeistflamme.

### 5) Farbenercheinungen combinirter Krystalle im weissen Licht.

Es ist nun leicht sich von den complicirten Farbenercheinungen Rechenschaft zu geben, welche man erhält, wenn man hinter einer senkrecht auf die Axe geschnittenen Krystallplatte ein der Axe paralleles Krystallblättchen von beliebiger Dicke einschaltet. Da nämlich für eine Farbe das Licht rechts circular, für die andere links, für eine dazwischenliegende geradlinig polarisirt wird, so werden die schwarzen Büschel an ihren beiden Seiten sich verschieden färben, die Erscheinungen in den geraden Quadranten sich wesentlich unterscheiden von den in den ungeraden, die Farbenringe in beiden aber von der Farbenfolge der Newton'schen Ringe wesentlich verschieden seyn. Aus den bekannten Werthen der Brechungsverhältnisse, der Wellenlänge für die einzelnen Theile des Spectrum und der Dicke des Blättchens läßt sich die Erscheinung vorher bestimmen; sie läßt sich aber auch empirisch nachweisen, wenn man durch Aufsetzen der Collectivlinse  $p$  des Apparates das Spectrum in der Oeffnung des polarisirenden Nicol'schen Prisma  $e$  zu Weifs concentrirt, eine Bestätigung, deren häufige Wiederholung wegen der Lichtstärke des Apparates aber nicht zu empfehlen ist.

### 6) Farbenercheinungen in Zwillingskrystallen.

Gehen wir von der künstlichen Combination zweier Krystalle zu den in den zwillingsartigen Verwachsungen natürlich vorkommenden über, so haben wir diese in drei Klassen zu unterscheiden: entweder nämlich sind die Axen der verbundenen Individuen lothrecht auf einander, oder sie sind einander parallel, oder machen irgend einen Winkel mit einander. Der Schnitt soll immer senkrecht gelegt seyn auf die Axe des einen Individuum. Der erste Fall gäbe unmittelbar die eben betrachteten Erscheinungen, doch kommt er, so viel mir bekannt ist, bei durch-

durchsichtiger Krystalle nicht vor, während der zweite nur bei zweiaxigen Krystallen zu Farbenerscheinungen Veranlassung geben kann. Ist nämlich, wie z. B. bei dem Arragonit, ein sehr dünner Krystall in einem andern so eingewachsen, daß seine krystallographische Axe parallel liegt der des von ihm in zwei Theile getheilten Krystalls, so werden diese, weil die optischen Axen dieser Lamelle merkliche, wenn auch kleine, Winkel mit den Begränzungsebenen machen, für das durch diese Axen gehende Licht als doppelbrechende Prismen wirken müssen, weil ihre optischen Axen nicht in der Ebene der Axen der Lamelle liegen. Die nähere Construction dieser von Erman beschriebenen natürlichen Polarisationsapparate, welche die Ringsysteme wegen der Dünne der Lamelle in ungewöhnlicher Gröfse und wegen der Schiefe der Austrittsfläche gegen ihre optischen Axen sehr verzogen zeigen, erhält man auf optischem Wege dadurch, daß man diese ohne vorläufige Polarisation gesehenen Ringsysteme ihrer Gröfse und Lage nach mit denen vergleicht, welche vorher geradlinig polarisirtes und eben so nachher analysirtes Licht um die optischen Axen der einschließenden Individuen entwickelt, von denen das eine die polarisirende, das andere die analysirende Vorrichtung abgibt. Daß dieß letztere der Fall sey, geht ausserdem daraus hervor, daß, wenn man einen Turmalin vor dem im natürlichen Lichte betrachteten Krystall herumdreht, abwechselnd eins der Ringsysteme ohne Formänderung verschwindet. Da aber die Erscheinung bei Umkehrung des Krystalls dieselbe bleibt, so gilt dasselbe für das polarisirende Prisma, womit auch die Intensitätsänderungen der Ringe übereinstimmen, wenn man den Krystall mit bloßem Auge in geradlinig polarisirtem Lichte betrachtet. Ein entscheidender Beweis dafür, daß das hintere Individuum geradlinig polarisirend wirkt, liegt, wie mir scheint, aber darin, daß die mit bloßem Auge gesehenen Ringe, wenn man cir-

culares Licht einfallen läßt, nicht die Form annehmen, welche diesem entspricht.

Der dritte Fall, daß die Axe des eingewachsenen Blättchens unter irgend einem Winkel geneigt ist gegen die Axe des einschließenden Krystalls, ist auch für einaxige Krystalle von Bedeutung. Die dadurch hervorgebrachte Modification des Ringsystems um die Axe des einschließenden Krystalls muß übereinstimmen mit der in zwei genau centrirten Platten, wenn zwischen ihnen ein Krystallblättchen von bestimmter Dicke eingeschaltet ist. Da man hier das Blättchen durch ein gleich wirkendes eines andern Krystalls ersetzen kann, so läßt sich dieser Fall ohne Schwierigkeit nachconstruiren. Unter sieben, eine Abweichung von dem gewöhnlichen Ringsystem zeigenden Kalkspathplatten fand ich zwei, welche eine sehr regelmäßige Figur gaben, nämlich ein schwarzes Kreuz mit einander abwechselnd berührenden Curven, welche mir Kreise und Lemniscaten zu seyn schienen; die innerste Curve war vollkommen zu einer 8 geschlungen. Dreht man die Platte in ihrer Ebene, so besteht der innere Theil des Ringsystems aus vier dreieckigen Räumen. Ganz dieselben Erscheinungen erhielt ich, als ich zwischen zwei genau centrirte, das regelmäßige Ringsystem gebende Platten ein Glimmerblatt von bestimmter Dicke einschaltete, und dies in seiner Ebene drehte.

#### 7) Versuche über Circularpolarisation durch andere Modificationen.

Von krystallinischen Substanzen des regulären Systems habe ich, in Beziehung auf die Wirkung ungleicher Temperaturvertheilung im Innern des Körpers, nur Flussspath untersucht. Das hierbei angewandte Bruchstück war vollkommen farblos und durchsichtig,  $1\frac{1}{2}$  Zoll lang, und von Hrn. Prof. Weiß mir zu diesen Versuchen anvertraut. Bei einer Hitze, wo im Glaswürfel der

Gangunterschied  $\frac{1}{4}$  Undulation geworden war, zeigte es durchaus keine Wirkung auf geradlinig polarisirtes Licht, obgleich ich, um den Wärmeunterschied zu steigern, das obere Ende desselben durch Schwefeläther fortwährend abkühlte, während das untere auf der heißen Stahlplatte stand <sup>1)</sup>).

Transversal schwingende Klangscheiben wirkten weder auf linear noch auf circular einfallendes Licht. Bekanntlich hat aber Biot durch Longitudinalschwingungen langer Glasstreifen einen Lichtschein zwischen den gekreuzten Spiegeln erhalten. Obgleich mir bei den in dieser Beziehung angestellten Versuchen das Kreuz der Kalkspathfigur sich zu öffnen schien, so bedürfen doch diese Versuche einer Wiederholung mit einem besseren akustischen Apparat.

8) Unterschied der Wirkung eines sich erwärmenden und sich abkühlenden Glases.

Zwei quadratische, 3 Linien dicke Scheiben von  $11\frac{1}{2}$  und  $13\frac{1}{4}$  Linie Seite gaben bei dem Erhitzen zuerst rechts circulares, dann geradlinig polarisirtes Licht, bei dem Abkühlen aber, nachdem sie durch rechts circulares zum geradlinigen zurückgekehrt waren, noch links circulares. Der Grund dieser Erscheinung ist folgender. Das untere Ende der auf der heißen Stahlplatte erhitzten Glas- tafel erkaltet, wenn die Lampe weggenommen ist, schneller als das obere, welchem außerdem von dem unteren durch Leitung noch Wärme zugeführt wird. Nach einiger Zeit wird daher die Mitte der Platte der wärmste Theil derselben. Diese wärmere Stelle rückt, da das auf dem schnell abgekühlten Wärmeleiter stehende untere Ende immer stärker sich abkühlt, nach Oben, bis endlich die obere Ecke die wärmere wird. Dafs dies

1) Brewster sagt in Beziehung auf die Farben, welche Flussspath durch rasches Abkühlen erhält: *Fluor Spar was very slightly affected*.

wirklich der Grund der Erscheinung sey, sieht man, wenn man die sich abkühlende Scheibe zwischen den gekreuzten Spiegeln betrachtet. Die vier weißen Räume der Diagonalen erlöschen nämlich nicht an der Stelle, an welcher sie sich bildeten, vielmehr rücken die unteren nach Oben, so daß das dunkle Kreuz sich in zwei Parallelen verwandelt, welche durch eine lothrechte Linie geschnitten werden. Endlich verdrängen die mittleren weißen Räume die oberen, während die von Unten neu hinzugetretenen die untere Stelle einnehmen. Bei dem Erwärmen, wo der untere Theil der Platte immer die höchste Wärme behielt, mußte natürlich der Fortgang der Erscheinungen einfacher seyn.

Die Wirkung einer bestimmten Stelle eines gekühlten oder gepressten Glases als circular polarisirender Apparat in den einzelnen Theilen des Spectrum giebt unmittelbar die Bestimmungselemente für die Farbe, mit welcher es im geradlinig polarisirten Lichte erscheint.

---

V. *Beschreibung eines Apparates für geradlinige, elliptische und circular Polarisation des Lichtes; von H. W. Dove.*

---

Auf einem gewöhnlichen dreibeinigen messingenen Fernrohrstativ mit horizontaler und verticaler Bewegung, dessen Höhe, da es eine Auszugsröhre enthält, vermittelt einer Klemmschraube *a* (Taf. V Fig. 1) von 16 bis 25 Zoll vergrößert werden kann, ist in einer Hülse *h* ein dreiseitiges, 2 Fufs langes, in Pariser Zoll und Linien getheiltes messingenes Prisma *bc* verschieblich. Dieses Prisma trägt fünf Schieber *s*<sub>1</sub>, *s*<sub>2</sub>, *s*<sub>3</sub>, *s*<sub>4</sub>, *s*<sub>5</sub>, welche sich vermittelt Klemmschrauben an jeder beliebigen Stelle der Scale fixiren lassen. Zwei derselben, *s*<sub>2</sub>, *s*<sub>5</sub>, deren Vorderansicht in Fig. 2 in natürlicher Gröfse besonders gezeich-



net ist, tragen oben im Ringe endende Ständer, welche mittelst eines Anschlags bei  $r$  (Fig. 2) sich horizontal und vertical stellen lassen, so daß die Oeffnungen der in diesen Ringen drehbaren Nicol'schen Prismen  $tt$  mit der Mitte der in dem Ringe des Schiebers  $s_3$  eingeschraubten Convexlinse  $k$ , deren Ständer mit einem eben solchen Anschlag versehen ist, und bei senkrechter Stellung auch mit der Mitte der von dem Schieber  $s_1$  getragenen Collectivlinse  $p$ , von 12 Zoll Brennweite und 3 Zoll Oeffnung, in einer geraden, dem Stabe  $bc$  parallelen Linie liegen, welche die optische Axe des Instruments ist. Das dieser Collectivlinse nächste Nicol'sche Prisma des Ständers  $s_2$  soll das *polarisirende*, das entferntere des Ständers  $s_3$  das *analysirende* heißen.

Fällt paralleles Licht auf die Collectivlinse, so wird das polarisirende Prisma im Brennpunkt derselben sich befinden müssen, um alles auffallende Licht zu polarisiren; benutzt man hingegen das Licht einer Lampe, so muß es sich in der Vereinigungsweite der Strahlen befinden, welche divergirend auf die Collectivlinse auffallen. Bei dem Einstellen verschiebt man natürlich nicht das Prisma, sondern die Collectivlinse, bis das concentrirte Licht der Lampe gerade in die Oeffnung des Prismas fällt.

Um die Polarisations Ebenen der beiden Prismen willkürlich zu verändern, sind an den Ringen der Ständer  $s_2, s_3$  eingetheilte Messingscheiben angebracht, auf welchen sich ein an den Prismen angebrachter Zeiger bewegt, der, wenn er rückwärts über den Befestigungspunkt verlängert gedacht wird, mit der längeren Diagonale der rhombischen Grundfläche des Nicol'schen Prismas zusammenfällt. Die Eintheilung des Kreises ist so aufgetragen, daß bei verticaler Stellung des Ständers die durch die Punkte  $0^\circ$  und  $180^\circ$  gehende Gerade horizontal liegt. Fig. 2 zeigt in natürlicher GröÙe die Ansicht dieser Scheiben, welche in Fig. 1 nicht gezeichnet sind. Es ist am

vortheilhaftesten, die dem Auge zugekehrte Seite beider einzutheilen. Den in Fig. 2 punktirten Ständer hat man sich daher hinter der Scheibe zu denken, in sofern er zu dem polarisirenden Prisma *e* gehört, hingegen vor ihr und die Theilung auf der Rückseite der Scheibe, wenn sie zu dem analysirenden Prisma *d* gehört. Es wird selten erfordert werden die Polarisationssebene des einfallenden Lichtes zu ändern, am bequemsten ist, sie ein für allemal horizontal zu legen, d. h. den Zeiger des polarisirenden Prismas auf  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  einzustellen. Bei heiterem Wetter, wo das von dem Himmelsgewölbe reflectirte Licht bereits mehr oder weniger stark polarisirt ist, richtet man das Instrument wo möglich nach einer von der Sonne beleuchteten Mauer. Will man aber das von dem Himmelsgewölbe reflectirte Licht direct benutzen, und zwar in größtmöglicher Intensität, so geschieht dieß am einfachsten auf folgende Art. Man dreht, nachdem man das polarisirende Prisma mit seiner Scheibe horizontal gelegt hat, das analysirende so lange, bis man in einer im Ringe *l* des Ständers *s*<sub>4</sub> befindlichen senkrecht auf der Axe geschnittenen Kalkspathplatte das Ringsystem mit den schwarzen Büscheln erhält, stellt dann das polarisirende Prisma *e* wieder vertical, und dreht dasselbe so lange, bis man dieselbe Erscheinung im Kalkspath wahrnimmt. Der Zeiger des polarisirenden Prismas *e* giebt dann die Richtung der Polarisationssebene des einfallenden Lichtes, und die Ringe erscheinen in größter Klarheit.

Das von dem polarisirenden Prisma divergirend ausgehende Licht wird zuerst von einer unter *o* angedeuteten Convexlinse von 2 Zoll Breite, deren Entfernung von der Oeffnung *e*  $\frac{5}{4}$  Zoll beträgt, und welche in das untere Ende der durch die Scheibe hindurchgehenden Fassung dieses Prisma selbst eingeschraubt ist, aufgefangen, und fällt dann auf die 3 Zoll entfernte Linse *k* von  $1\frac{1}{4}$  Zoll Brennweite des Ständers *s*<sub>3</sub>. Von hier aus geht es

durch den im Ring  $l$  befindlichen, im polarisirten Lichte zu untersuchenden Krystall des Ständers  $s_4$ , und nun in das analysirende Prisma  $d$ , in dessen unterem Ende eine unter  $u$  angedeutete Hohllinse von 4 oder 5 Zoll Brennweite eingeschraubt ist. Dem Ring  $l$  kann mittelst einer Kugelbewegung, welche in Fig. 1 dargestellt ist, oder einer Bewegung in Spitzen (wie bei den Beleuchtungslinsen oder Beleuchtungsspiegeln der gewöhnlichen Mikroskope) jede beliebige Neigung gegen die Axe des Instruments gegeben werden. Da nun der in diesem Ring befindliche Krystall außerdem in seiner Ebene drehbar ist, so können die optischen Axen desselben in Beziehung auf ihre Stellung gegen die Polarisationssebene des einfallenden Lichtes willkürlich geändert werden. Will man aber zur Darstellung der isochromatischen Curven zwei der Axe parallel geschnittene Krystallplatten oder zwei gleich dicke Glimmerblätter combiniren, so geschieht dies dadurch, daß man dem einzusetzenden Ring zwei Schraubengewinde giebt, von welchen das auf den größeren Cylinder gezogene in  $l$  hineingeht, das auf dem engeren Cylinder aber hindurchgeht, so daß auf der Seite nach  $k$  hin der zweite Krystall aufgeschraubt wird, dessen Axe auf diese Weise jeden beliebigen Winkel gegen die des ersten Krystalls erhält.

Der Ring  $m$ , nahe in der Brennweite von  $k$ , ist zur Aufnahme gekühlter Gläser, Gypsblättchen und Amethyste bestimmt. An einem Stift befestigt befindet sich der Mittelpunkt desselben gerade in der Axe des Instruments, wenn der Stift in der Hülse eben aufsteht. Aehnliche Ringe von Holz, mit geraden Stiften versehen, können in die Hülse des Ständers  $s_4$  gestellt werden. Zweiaxige Krystalle sind darin so befestigt, daß wenn man den Ring um den Stift dreht, die Ringsysteme beider Axen nach einander durch das Gesichtsfeld gehen; stehen daher die Zeiger der beiden Nicol'schen Prismen auf  $0^\circ$  und  $90^\circ$ , so liegen die schwarzen Büschel der Ringsy-

steme in einer horizontalen Linie. Der Ring  $m$  kann auch zur Aufnahme einer mikrometrischen Vorrichtung für die in  $l$  betrachteten Ringsysteme der Krystalle dienen.

Um die geradlinigé Polarisation in circulare zu verwandeln, enthalten die um die Zapfen  $n$  und  $o$  drehbaren Arme  $f$  und  $g$  Blättchen von zweiaxigem Glimmer <sup>1)</sup>, von der Dicke, daß sie, wenn die Axen derselben  $ff$  und  $gg$  (Fig. 2 Taf. V) Winkel von  $45^\circ$  und  $135^\circ$  mit der Ebene  $ee$  der primitiven Polarisation machen, zwischen den beiden Strahlen gerade einen Gangunterschied von  $\frac{1}{4}$  Undulation hervorbringen. Statt der Glimmerblättchen kann man sich gekühlter oder geprefster Gläser bedienen, und sie so combiniren (Fig. 5), wie es in der vorhergehenden Abhandlung näher beschrieben wurde.

Liegen beide Blättchen zur Seite, so wird das geradlinig polarisirte Licht geradlinig analysirt. Um geradlinig polarisirtes Licht circular zu analysiren wird  $f$  vorgelegt. Soll circular polarisirtes Licht linear analysirt werden, so wird  $f$  zur Seite gebogen und  $g$  vorgelegt. Beide Blättchen müssen, wie in Fig. 1 Taf. V, vorliegen, wenn circular polarisirtes Licht circular analysirt werden soll. Die Axe des Glimmerblättchens ist auf der Fassung desselben angegeben. Läßt man sie, statt den Punkten  $45^\circ$  und  $135^\circ$  zu entsprechen, durch andere Theilungspunkte gehen, so erhält man die Erscheinungen der elliptischen Polarisation. Bringt man in der Richtung der Axe  $gg$  einen kleinen Stift an, so läßt sich die Lage der Axe des Glimmerblättchens leicht auf die Theilung des Ständers  $s_2$  beziehen.

Um die einfachen Intensitätsversuche anzustellen, ist es vorthailhaft das Gesichtsfeld abzublenden. Diefs geschieht durch einen hohlen Cylinder von 1 Zoll Höhe,

1) Obgleich man durch eine bestimmte Neigung eines dünnen Blättchens einaxigen Glimmers dieselben Erscheinungen erhalten kann, so scheint mir die Anwendung des zweiaxigen doch viel bequemer.

welcher auf das etwas hervorstehende Ende der Fassung der Linse  $k$  nach  $m$  hin aufgeschraubt wird. Die Oeffnung der Blendung im Boden dieses Cylinders ist  $1\frac{1}{2}$  Linie. Dieser scharf begränzte helle Kreis giebt für diese Versuche ein sehr gutes Object ab. Dreht man das analysirende Prisma in seiner Fassung, so erhält man die Abnahme nach dem Gesetz von Malus; legt man eins der Glimmerblättchen vor, so bleibt bei der Drehung die Intensität des Lichtes unverändert. Schraubt man statt des analysirenden Nicol'schen Prismas ein achromatisches, in gleicher Fassung befindliches doppelbrechendes Prisma ein, so erhält man die analogen Erscheinungen für beide Bilder.

Ein in den Ring  $l$  eingeschraubtes doppelbrechendes Prisma giebt, wenn das polarisirende Prisma  $e$  zur Seite gebogen ist, zwei auf einander senkrecht polarisirte Bilder der Blendung, deren Intensitätsveränderungen durch Drehung des analysirenden Prismas  $u$  erhalten werden. Legt man das Glimmerblättchen  $f$  vor, so werden die Bilder, wenn der Hauptschnitt des doppelbrechenden Prismas lothrecht oder horizontal liegt, rechts und links circular, und man erhält eine Vorrichtung, welche in ihren Wirkungen übereinstimmt mit dem von Fresnel angegebenen Apparate, welcher aus drei Bergkrystallprismen, von welchen zwei einem rechts gewundenen und das eine einem links gewundenen Krystall angehören, besteht. Bei Drehung des analysirenden Prismas behalten die Bilder ihre Intensität unverändert. Ist das analysirende Prisma ebenfalls ein doppelbrechendes, so bewegen sich bei der Drehung desselben, wenn das Glimmerblatt zwischen liegt, zwei Bilder gleichbleibender Intensität um zwei feststehende mit derselben Eigenschaft.

Beindet sich im Ring  $m$  ein Glimmerblatt oder Gypsblatt von bestimmter Dicke, so erhält man bei der Drehung desselben um den Stift, an welchem es befestigt ist, zwischen den beiden Nicol'schen Prismen die Erschei-

nungen der sogenannten polarisation colorée. Die complementären Farben erscheinen intensiv, und geben da, wo sie einander übergreifen, weiß, wenn das analysirende Nicol'sche Prisma mit einem doppelbrechenden vertauscht wird. Will man hiebei zwei doppelbrechende Prismen wie oben combiniren, so muß das Glimmerblatt  $f$  mit einem dickeren vertauscht werden. Verkleinert man die Blendung, so treten die Bilder ganz aus einander. Schraubt man auf die durchgehende Fassung des Nicol'schen analysirenden Prisma eine senkrecht auf die Axe geschnittene Kalkspathplatte, so erhält man, wenn in  $l$  das doppelbrechende Prisma befindlich ist, in den getrennten circular polarisirten Räumen die entsprechenden Modificationen des Ringsystems; befindet sich hingegen im Ring  $l$  eine zweite, ebenfalls auf die Axe senkrecht geschnittene Platte von Kalkspath, so ist es leicht durch Drehung dieses Ringes diese genau mit der ersten zu centriren. Auf diese Weise kann man, wenn ein in  $f$  befindliches Glimmerblatt von bestimmter Dicke eingeschaltet wird, die in der vorigen Abhandlung beschriebenen Erscheinungen gewisser Kalkspathzwillinge nachbilden. Liegt  $f$  zur Seite, so erhält man bei Drehung des Ringes  $l$  die aus der Combination zweier nicht centrirter Platten entstehenden isochromatischen Curven <sup>1)</sup>. Auf ähnliche Weise werden Platten verschiedener Krystalle combinirt, um den positiven oder negativen Charakter ihrer Axen zu untersuchen.

Soll statt weißen Lichtes einfarbiges oder dichromatisches einfallen, so werden kleine Holzringe von 1 Zoll Durchmesser mit farbigen Gläsern vor die Oeffnung des polarisirenden Prisma  $e$  befestigt. Dichromatische Gläser zeigen, wenn das concentrirte Licht einer weißen

- 1) Um die vier in einander geschlungenen Spiralen einer rechts und links gewundenen Bergkrystallplatte zu erhalten, verbinde ich eine planconcav geschliffene rechts gewundene Platte mit einer plangeschliffenen eines links gewundenen Krystalls.

Lampe auf sie fällt, bei zweiaxigen Krystallen die Verschiedenheit der optischen Axen für die verschiedenen Farben, bei einaxigen Krystallen hingegen schöne Abwechselungen verschieden gefärbter Ringe. Blaue Gläser, welche besonders die Enden des Spectrum hindurchlassen, geben, z. B. im Arragonit, die innere Curve in zwei verschiedenfarbige Räume getheilt und entsprechende Abänderungen innerhalb jedes Ringes; die beiden inneren Ringe im Kalkspath hingegen intensiv roth, umgeben von violetten, allmählig immer mehr in einander übergehenden Ringen, während, beleuchtet von einer durch Chlorstrontium gefärbten Weingeistflamme, die drei inneren Ringe violett sind, auf welche dann drei rothe folgen u. s. f. Durch Rubinglas erhält man schon sehr homogenes Roth, daher dunkle Ringe im rothen Gesichtsfeld. Die schönste Erscheinung zeigt eine mit Kochsalz oder salpetersaurem Natron gelbgefärbte Weingeistflamme. Die dunkeln Ringe und die Verbindungscurven der verschiedenen Ringsysteme von Arragonitzwillingen erscheinen dann im linearen und circularen Licht in größter Schärfe. Für Blau und Violett ist es am besten sich der Farben des Spectrum zu bedienen. Die Collectivlinse wird dann weggenommen, damit das Licht direct auf die Oeffnung des polarisirenden Prisma fällt.

Die in Fig. 3 Taf. V dargestellte Vorrichtung dient, um das Licht durch Spiegelung zu analysiren, und wird statt des analysirenden Prisma in den Ständer *s*, eingeschraubt. Die Schraube enthält bei *u* eine Hohllinse gleicher Brennweite. Der unbelegte, unter dem Polarisationswinkel geneigte Spiegel ist  $\frac{7}{8}$  Zoll lang und  $\frac{5}{8}$  Zoll breit.

Ueber die drei Stücke des Charnieres *q* ist auf der linken Seite der Fig. 1 ein Strich gezogen. Bilden die Theile dieses Striches eine gerade Linie, so ist die Stange *bc* unter dem Polarisationswinkel gegen einen horizontalen Spiegel geneigt. Legt man *k* und *v* zur Seite, so

kann man das durch Spiegelung polarisirte Licht durch das Prisma oder den Spiegel in  $u$  linear oder mittelst  $f$  circular analysiren. Um aber grössere gekühlte Gläser in circular polarisirt einfallendem Lichte zu untersuchen, bediene ich mich eines grösseren Glimmerblattes als das in  $g$  ist, welches  $g$ , heissen mag, und in einen Holzring von 2 Zoll innerem Durchmesser, befestigt auf die durchgehende Schraube der Collectivlinse  $p$ , unmittelbar aufgeschraubt wird. Die Axe dieses Glimmerblattes liegt wie die des Blättchens in  $g$ , welches zu Seite gebogen ist. Die Hohllinse in  $u$  wird herausgenommen, und der die gekühlten Gläser tragende Ständer in die dem Auge am meisten zusagende Entfernung gebracht. Hält man die Gläser in der Hand, so kann man ohne Veränderung des Apparates die verschiedenen Erscheinungen des linearen und circularen Lichtes beobachten. Hält man das Glas zwischen die Collectivlinse und den Spiegel, so wird, wenn  $f$  und  $g$ , vorliegt, auf dem durch das analysirende Prisma verdunkelten Spiegel in einen gekühlten Würfel, Fig. 6 Taf. V, gesehen, und wenn der Würfel um  $45^\circ$  gedreht ist, Fig. 7, also dieselben Erscheinungen als wenn beide Glimmerblätter fortgenommen wären. Zwischen beiden Glimmerblättern, deren Axen sich rechtwinklig kreuzen, erscheint Fig. 8, und zwar unverändert, wenn der Würfel in seinem Ringe gedreht wird. Fig. 9 ist dazu die complementäre Figur, welche erhalten wird, wenn bei unveränderter Stellung der Glimmerblättchen das analysirende Prisma um  $90^\circ$  gedreht wird. Ist  $f$  zurückgebogen, so erscheint die Modification der linearen Figur, welche circular polarisirt einfallendes Licht linear analysirt giebt. Von dieser, so wie von der bei circularer Analyse des linearen Lichtes, welche erfolgt, wenn der Würfel dicht neben der Collectivlinse sich befindet, wird man sich leicht eine Vorstellung bilden, wenn man sich die lineare Figur durch zwei senkrechte Linien in vier gleiche Quadranten zerlegt denkt, und die geraden



vom Mittelpunkt um  $\frac{1}{4}$  Intervall entfernt, die ungeraden um so viel ihm genähert sich vorstellt oder umgekehrt diese entfernt, während jene genähert sind.

Will man Lampenlicht durch Spiegelung polarisiren, so ist es besser einen unter dem unveränderlichen Polarisationswinkel geneigten Spiegel auf der Collectivlinse selbst drehbar zu befestigen. Hat man das Instrument vorher mittelst des polarisirenden Prisma auf die Lampe eingestellt, so dreht man, nachdem das Prisma zur Seite gebogen und der Spiegel aufgesetzt ist, das Instrument, ohne seine Neigung zu verändern, um seinen lothrechten Ständer, bis man von Neuem in dem im Ring befindlichen Kalkspath dessen Ringsystem erblickt.

Statt Nicol'sche Prismen anzuwenden, kann man auch das Licht durch Absorption in Turmalinplatten oder durch successive Refraction in Sätzen von Glasscheiben polarisiren. Diese werden in ähnlichen Fassungen in die Ständer geschraubt.

Um die Ablenkung der Polarisationsebene durch Refraction zu erhalten, werden die refrangirenden Körper in den Ständer  $s_3$  gebracht. Die Ablenkung durch Reflexion kann bequem beobachtet werden, wenn man die Stange an einer bestimmten Stelle in einen Winkel umbiegen kann. Da dieser Versuch aber leicht auf andere Weise erhalten wird, so schien es mir unnöthig, deswegen den Apparat zu compliciren. Eben so kann man durch Hinzufügung einiger Linsen und Ständer den Apparat in ein polarisirendes Mikroskop mit noch größerem Gesichtsfeld verwandeln. Da dieß aber bei sehr wenigen Versuchen wünschenswerth seyn wird, die Zusammensetzung eines solchen Apparates aus einzelnen, auf einander passenden Ringen außerdem leicht ist, so habe ich diese hier weggelassen.

Wenn man ein sich erwärmendes oder abkühlendes Glas im polarisirten Licht zu untersuchen wünscht, so wird die prismatische Stange so in die Fassung  $h$  ge-

steckt, daß eine ihrer bisherigen Seitenflächen nach Unten zu liegen kommt. Alle Ständer befinden sich dann zur Seite der um  $120^\circ$  gedrehten horizontalen Stange, welche der Erwärmung durch eine zwischengestellte Lampe kein Hinderniß darbietet.

Sieht man statt in das Prisma  $u$  in  $e$  hinein, so erhält man bei einer geringen Aenderung des Abstandes der Linse  $v$  genau dieselben Erscheinungen. Man kann also sämtlichen Ständern in Beziehung auf die Collectivlinse auch die umgekehrte Ordnung geben.

Die Vorzüge des eben beschriebenen Apparates scheinen mir folgende zu seyn:

- 1) Seine Lichtstärke, welche so groß ist, daß im unverfinsterten Zimmer eine 12 Fuß entfernte und durch Kochsalz gelbgefärbte Weingeistflamme das Ringsystem des Kalkpaths in voller Deutlichkeit zeigt.
- 2) Die leichte Verwandlung der linearen Polarisation in circulare und elliptische.
- 3) Die Entbehrlichkeit einer besondern Beleuchtungsvorrichtung.
- 4) Die Größe des Gesichtsfeldes <sup>1)</sup>.
- 5) Die Reinheit der Farben, welche nur durch farblose Krystalle erzeugt werden.
- 6) Die Wohlfeilheit des Instruments, da es zugleich als Modell eines offenen Fernrohrs und als Mikroskop dient (die Collectivlinse ist das Objectiv des Fernrohrs, die Ständer  $s_2, s_3, s_5$  nehmen die Oculare auf,  $s_4$  wird der Ständer für die mikroskopischen Gegenstände).
- 7) Die leichte Ausführung aller einzelnen Veränderungen bei den verschiedenen oben beschriebenen Versuchen.

1) Um dies nicht zu verkleinern, muß der Arm  $f$  dicht an  $u$  sich vorbeibewegen, die cylindrische Fassung des polarisirenden Prisma nicht höher als  $\frac{1}{4}$  Zoll seyn.

Der Mechanicus Hirschmann hieselbst, dessen Nicol'sche Prismen in den Händen vieler Naturforscher sind, hat diesen Apparat nach meiner Angabe bereits in mehreren Exemplaren auf Bestellung ausgeführt. Der Preis desselben, wenn er als offnes Fernrohr und Mikroskop zugleich dienen soll, ist 60 Rthl.

#### Nachschrift.

Fig. 4 Taf. V stellt einen kleinen, aus einem einzigen Glasstück bestehenden Apparat vor, welcher die Modificationen des Lichtes durch Reflexion vereinigt zeigt. Die einander parallelen Flächen  $ad$  und  $bc$  stehen lothrecht auf den parallelen Flächen  $ac$  und  $bd$ , hingegen ist  $ab$  gegen  $ad$  und  $cd$  gegen  $bd$  unter  $45^\circ$  geneigt. Senkrecht auf  $ad$  fallendes Licht wird daher, nachdem es von  $ab$  und  $cd$  reflectirt worden, aus  $bd$  austreten. Die den Raum totaler und theilweiser Reflexion begränzenden prismatischen Bogen schneiden einander daher wie in der danebenstehenden Zeichnung. Im Raum  $m$  ist das Licht nach zweimaliger totaler Reflexion unpolarisirt, in den Räumen  $o$  und  $n$  senkrecht auf einander polarisirt, im Raum  $p$  hingegen theilweis polarisirt einfallendes Licht im Sinne der zweiten Reflexion geändert. Das Licht des Raumes  $m$  unterscheidet sich von dem aus einem Fresnel'schen Parallelopiped dadurch, daß die Ebenen der zweimaligen Reflexion lothrecht auf einander stehen, statt daß sie dort zusammenfallen.

Die Erscheinungen gekühlter Gläser in circularem Licht sind noch nicht näher, die geprefster Gläser noch gar nicht beschrieben, daher einige Worte über diese. Bei circularer Analyse verhalten sich volle gekühlte Cylinder wie Kalkspathplatten. Sie zeigen das Ringsystem ohne Kreuz, bei linearer Analyse in den Quadranten verschoben. Eben so verhalten sich die schroff abgesetzten dem innern schwarzen Ringe concentrischen Farbenringe hohler Cylinder. Das Kreuz in dreiseitigen Platten besteht

aus vier schwarzen Punkten (bei zwei auf einander gelegten Platten aus vier Dreiecken), welche, durch hellgraue Schatten verbunden, ein Y bilden. In sechs- und achtseitigen Platten wird der schwarze Centralfleck ein sechs- und achtseitiger Stern, während die Farben der Ecken sich zu einer sehr regelmäßigen Umschließung ordnen, besonders wenn durch Drehung des analysirenden Prisma die Mitte weiß wird; die Figuren gekühlter Würfel sind Fig. 8 und 9 Taf. V abgebildet. Die isochromatischen Linien rechtwinklig gekreuzter parallelopipedischer Platten bleiben ihrer Form nach denen im linearen Lichte gleich, welche erscheinen, wenn die Polarisationsebene den rechten Winkel zwischen den Platten halbirt. Alle Figuren bleiben unverändert, wenn man die Gläser bei circularer Polarisation und Analyse in ihrer Ebene dreht.

Durch ungleiche Abkühlung entstandene Unregelmäßigkeiten der Figuren zeigen sich im circularen Licht besonders bei dünnen Platten, oft selbst bei denen, welche im linearen regelmäßige erschienen, doch habe ich auch gerade das Entgegengesetzte, und zwar bei einer sechsseitigen Platte, beobachtet.

Ein durch unwickelten Messingdraht zusammengepresster Cylinder <sup>1)</sup> verhielt sich wie ein gekühlter. Quadratische und kreisförmige Platten diametral durch eine Schraube gepresst, zeigen zwischen den an den Angriffspunkten der Schraube entstehenden Ringen eine farbige Verbindung ohne Kreuz. Liegt die Compressionsaxe in der Polarisationsebene des geradlinig polarisirt einfallenden Lichtes, so ist auch hier die Figur in den Quadranten verschoben, wenn das Licht circular analysirt wird.

1) Diese Anwendung der Weber'schen Pressungsmethode des Glases auf Polarisationerscheinungen hat mir Hr. Prof. Mitscherlich gezeigt. (Vergl. d. Annal. Bd. XX S. 1.)

## VI. Ueber die Farbenzerstreuung in einem und demselben Mittel; von Hrn. Amici.

[Gegenwärtiger Aufsatz ist ein Auszug aus einer Abhandlung über die Verfertigung achromatischer Fernröhre ohne Linsen, welcher Hrn. Verhulst vom Hrn. Amici mitgetheilt, und von Ersterem in den Anhang zu der gemeinschaftlich von ihm und Hrn. Quetelet besorgten franz. Uebersetzung der Herschel'schen Optik aufgenommen worden ist.]

Nach der Annahme der Physiker ist die Dispersion der Farben in einem und demselben brechenden Mittel constant, d. h. bei einer und derselben Substanz entsprechen gleichen Refractionen gleiche Dispersionen. Es ist dieß eins der Grundgesetze, auf welche sich die Theorien der berühmtesten Mathematiker stützen, die sich mit dem Achromatismus beschäftigt haben, und man hat daraus gefolgert, es sey bei Anwendung einer einzigen brechenden Substanz unmöglich, das Licht durch Refraction ohne Zersetzung abzulenken. Ich habe indess gefunden, daß die Dispersion, welche aus *mehr als einer* Refraction erfolgt, keineswegs constant ist, sondern verschieden nach der Neigung der Strahlen, die auf die Fläche eines Prisma einfallen.

Ein Lichtstrahl kann so auf ein Prisma einfallen, daß er mit beiden Flächen gleiche Winkel macht. Bekanntlich ist dann die totale Refraction ein Minimum, und jeder andere Strahl, der entweder gegen die Kante oder die Grundfläche des Prisma stärker neigt als der eben genannte Strahl, erleidet eine größere Ablenkung. Zahlreiche Versuche haben mich nun die bis dahin unbekannte Eigenschaft gelehrt, daß wenn der einfallende Strahl nach Seite der Kante neigt <sup>1)</sup>, die Dispersion stär-

1) Die Neigung gegen die Kante oder gegen die Grundfläche ist immer auf den Strahl bezogen, der die kleinste Ablenkung er-

ker ist als die, welche man erhält, wenn man das Prisma so dreht, daß dieselbe Refraction bewirkt wird, der Strahl aber mehr gegen die Grundfläche neigt.

Noch befremdender scheint es, daß ein Strahl, der zu einem ersten Prisma hinausgetreten ist, so abgeändert wird, daß er die umgekehrte Eigenschaft erlangt, d. h. wenn man den zum ersten Prisma ausfahrenden Strahl mit einem zweiten Prisma auffängt, so ist die Farbenzerstreuung *größer*, falls der Strahl sich der Basis nähert, und *kleiner* im umgekehrten Fall.

Man kann dieß Gesetz auch auf folgende Weise ausdrücken: *Wenn gleiche Ablenkungen des Spectrums entsprungen sind aus ungleichen Ablenkungen der Strahlungen an den beiden Flächen des Prismas, so sind die farbigen Räume größer, sobald die von der Hinterfläche bewirkte Ablenkung größer ist, als die von der Vorderfläche erzeugte. Dieser Satz ist nur unter der Bedingung wahr, daß der einfallende Strahl zuvor keine Brechung erlitten hat. Sonst sind die farbigen Räume kleiner.*

Dieß Gesetz geht aus folgenden Versuchen hervor, die Jeder, der gut geschliffene Prismen besitzt, leicht wiederholen kann.

**Versuch 1.** Ein Prisma von englischem Kronglase und dem brechenden Winkel  $20^{\circ} 6'$ , so gerichtet auf einen Gegenstand, daß der einfallende Strahl gleiche Neigung hatte, wie der ausfahrende in Bezug auf die brechenden Ebenen, wurde durch ein dicht vor das Auge gehaltenes Prisma aus französischem Spiegelglase von  $6^{\circ} 15'$  achromatisirt, sobald die auf letzteres einfallenden Strahlen gegen die Grundfläche desselben neigten. Die Refraction durch beide Prismen war Null, d. h. die beiden Prismen brachen gleich stark, der Gegenstand erschien achromatisch und verkürzt.

leiden würde; wenigstens wenn nicht ausdrücklich das Gegenheil angegeben ist.

**Versuch 2.** Mit denselben Prismen. Der auf ersteres einfallende und gegen dessen Basis neigende Strahl wurde durch das zweite corrigirt, dessen Basis er sich noch mehr näherte. Die Refraction war im ersten Prisma stärker. Der Gegenstand erschien verkürzt.

**Versuch 3.** Dieselben Prismen, nur ihren Ort gegen einander vertauscht. Der auf das erste Prisma einfallende und gegen dessen Kante neigende Strahl wurde beim Einfallen auf das zweite, unter einer der Emergenz gleichen Incidenz achromatisirt. Die Refraction war Null, der Gegenstand erschien verlängert.

**Versuch 4.** Dieselben Prismen. Der einfallende Strahl, noch mehr gegen die Kante des ersten Prismas neigend, wurde, beim Eintritt in das zweite, durch eine grössere Neigung gegen die Kante corrigirt. Die Refraction war grösser im zweiten Prisma; der Gegenstand erschien verlängert.

**Versuch 5.** Ein Prisma aus weissem venetianischen Glase und von  $28^{\circ} 12'$  wurde combinirt mit einem andern Prisma aus Kronglas von  $20^{\circ} 6'$ , welches letztere sich auf Seite des Auges befand. Wenn am ersten Prisma die Incidenz der Emergenz gleich gemacht wurde, und beim zweiten Prisma der einfallende Strahl gegen die Basis neigte, waren die Farben compensirt und der Gegenstand erschien verkürzt. Die Refraction war alsdann im ersten Prisma stärker.

**Versuch 6.** Die beiden eben genannten Prismen. Der einfallende Strahl gegen die Basis des ersten Prismas geneigt, wurde corrigirt, wenn er dem zweiten unter einer Incidenz begegnete, die ihn gegen die Basis desselben neigen machte. Die Refraction war im ersten Prisma grösser, und der Gegenstand schien verkürzt.

Wenn man das erste Prisma unbewegt liess, und das zweite so neigte, dafs es eine gleiche Refraction erzeugte, zugleich aber der auf dasselbe einfallende Strahl gegen

dessen Kante neigte, so wurde die Dispersion dieses Prismas schwächer.

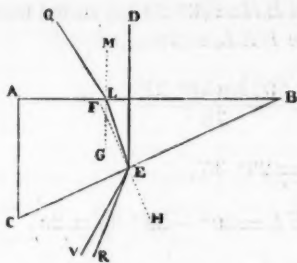
*Versuch 7.* Dieselben Prismen, wie beim letzten Versuch. Der einfallende Strahl, gegen die Kante des ersten Prismas geneigt, wurde durch das zweite Prisma corrigirt, sobald der auf dasselbe einfallende gegen dessen Kante neigte. Der Gegenstand war verlängert und die Refraction stärker im zweiten Prisma.

Blieb das erste Prisma unverrückt, und wurde das zweite geneigt, damit der auf dasselbe einfallende Strahl gegen dessen Basis neigte, so war bei gleicher Refraction in den beiden Fällen die Dispersion des Lichtes gröfser.

*Versuch 8.* In zwei gleichen Prismen aus gleicher Substanz ist, unter gleichen Incidenzen, der gegen die beiden Kanten geneigte Strahl bei seiner Emergenz gefärbt, und die Dispersion ist gröfser in dem Prisma, welches dem Gegenstand näher liegt. Der Gegenstand ist verlängert.

Wiewohl die Veränderlichkeit der Dispersion des Lichts in einem und demselben Mittel scheint auf den ersten Anblick ein eigenthümliches, von den gewöhnlichen Gesetzen der Farben-Entstehung im Prisma unabhängiges Phänomen zu seyn, so ist sie dennoch eine unmittelbare Folge von der Theorie der Refraction, und wenn ich sie als eine *neue* Eigenschaft des Lichts betrachte, so geschieht es alleinig darum, weil sie niemals von den Physikern beobachtet worden ist. Um zu zeigen, wie man die durch meine Versuche gegebenen Resultate aus der Theorie herleiten könne, und vor allem, um zu beweisen, dafs gleiche Refractionen ungleiche Dispersionen erzeugen müssen, je nachdem der einfallende Strahl gegen die Basis oder gegen die Kante des Prismas neigt, ist es hinreichend, die Dispersionen für diese beiden Fälle zu berechnen.





Gesetzt also es falle auf ein Glasprisma  $ABC$ , senkrecht zur Ebene  $AB$ , ein weißer Strahl  $DE$  ein. Bei Ankunft an der zweiten Fläche  $BC$  unter der Incidenz  $FED$  (von z. B.  $30^\circ$ ) wird dieser Strahl gebrochen werden, und in den Rich-

tungen  $ER$  und  $EV$  ausfahren.  $ER$  bezeichnet die Richtung der rothen oder wenigst brechbaren Strahlen, und  $EV$  die Richtung der violetten oder meist brechbaren. Der Winkel  $VER$  ist der Dispersionswinkel, der bestimmt werden soll. Nun ist beim Uebergang des Lichts aus Glas in Luft das Verhältniß des Incidenzsinus zum Refractionssinus für die rothen Strahlen wie 50 : 77, und für die violetten wie 50 zu 78. Daraus folgt:

$$\sin 30^\circ : \sin REH :: 50 : 77$$

$$\sin 30^\circ : \sin VEH :: 50 : 78$$

$$\sin REH = \frac{77 \cdot \sin 30^\circ}{50} ; \sin VEH = \frac{78 \cdot \sin 30^\circ}{50},$$

folglich:

$$REH = 50^\circ 22' \quad VEH = 51^\circ 16'.$$

Der Dispersionswinkel ist also:

$$VER = VEH - REH = 54'.$$

Gesetzt nun es falle (in vorhergehender Figur) ein Strahl  $RE$  von weißem Licht auf die Fläche  $CB$  des Prismas unter dem Incidenzwinkel  $REH$  ein. Indem er gebrochen wird, zerfällt er in rothe Strahlen, welche offenbar die Richtung  $ED$  einschlagen, und in violette Strahlen, welche in der Richtung  $EL$  fortgehen. Die letzteren, nachdem sie unter der Incidenz  $ELG$  an der Fläche  $AB$  angelangt sind, fahren aus, und bilden den Refractionswinkel  $QLM$ , welcher nun den Dispersionswinkel vorstellt.

Da nun der Winkel  $REH = 50^\circ 22'$  ist, so hat man:

$$\sin 50^\circ 22' : \sin FEL :: 78 : 50$$

oder:

$$\sin FEL = \frac{50 \cdot \sin 50^\circ 22'}{78}$$

und

$$FEL = 29^\circ 35',$$

folglich:

$$LED = FED = FEL = 30^\circ - 29^\circ 35' = 25'.$$

Aber:

$$ELG = LED = 25'.$$

Also:

$$\sin 25' : \sin QLM :: 50 : 78.$$

Dies giebt:

$$\sin QLM = \frac{78 \cdot \sin 25'}{50}$$

und  $QLM = 39'.$

Dieser große Unterschied (von  $15'$ ) zwischen den Dispersionswinkeln  $QLM$  und  $VER$  zeigt, wie viel stärker die Färbung seyn muß, wenn der einfallende Strahl auf Seite der Kante neigt, als wenn er umgekehrt auf Seite der Basis neigt. Ein Flintglasprisma würde einen noch beträchtlicheren Unterschied gegeben haben. Um den Dispersionsunterschied, der aus einem Incidenzunterschied entspringt, auf eine allgemeine Weise auszudrücken, bezeichnen wir mit

$\Delta$  den Winkel, unter welchem der äußerste rothe und der äußerste violette Strahl bei ihrem Austritt aus einem Prisma, dessen brechender Winkel  $a$  ist, gegen einander neigen;

$m$  das Brechungsverhältniß der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit;

$m + dm$  das Brechungsverhältniß der violetten Strahlen,

$m - dm$  das der rothen Strahlen;

$r$  den Refractionswinkel der mittleren Strahlen an der Vorderfläche des Prismas, d. h. der dem Object zugewandten Fläche desselben;

$r'$  den analogen Winkel an der Hinterfläche.

Wir haben alsdann für den Werth von  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{2dm \cdot \sin a}{\cos r \cdot \cos r'}.$$

Den Beweis dieser interessanten Formel findet man in den »*Untersuchungen über verschiedene Punkte der Analysis des Unendlichen*« des Paters Gregorio Fontana, Pavia 1793.

Bezeichnet man mit  $i$  den Incidenzwinkel, welcher dem Refractionswinkel  $r$  entspricht, so hat man:

$$\sin i : \sin r :: m : 1,$$

woraus:

$$\sin r = \frac{\sin i}{m}.$$

Allein  $\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r}$ ; substituirt man also diesen Werth, so kommt:

$$\cos r = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{m^2}},$$

und weil auch  $\cos r' = \sqrt{1 - \sin^2 r'}$ , folgt dann:

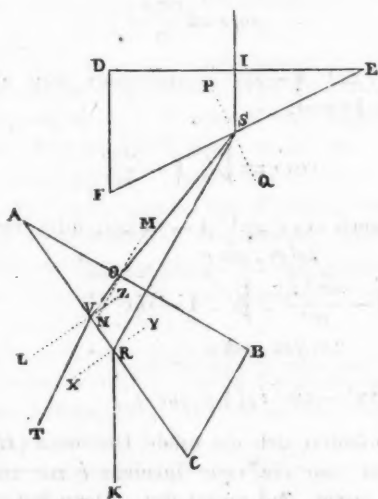
$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{2dm \cdot \sin a}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{m^2}} \cdot \sqrt{1 - \sin^2 r'}} \\ &= \frac{2m dm \cdot \sin a}{\sqrt{(m^2 - \sin^2 i)(1 - \sin^2 r')}} \end{aligned}$$

Indefs ändert sich die totale Deviation (*Refraction*) nicht, wenn man die erste Incidenz  $i$  zur zweiten Refraction  $r'$  macht, und umgekehrt. Denn bekanntlich ist die totale Deviation  $= i + r' - a$ . Indefs wenn man eine solche Umkehrung vornimmt, für den Fall dass  $i$  nicht  $r'$  gleich ist, so verändert sich  $\Delta$ , wie klar aus obiger Formel hervorgeht. Ueberdies ist  $m$  und folglich  $m^2$  gröfser als Eins, und daher wird das Product

$(m^2 - \sin^2 i)(1 - \sin^2 r')$

desto größer als  $i$  mehr  $r'$  übertrifft. Der Werth von  $\Delta$  wird also größer als der, welcher aus der Hypothese  $i < r'$  hervorgehen würde. Erwägt man nun, daß die Annahme  $i < r'$  nichts anders heißt, als die Voraussetzung machen, der einfallende Strahl neige gegen die Kante des Prismas, so wird man durch diesen allgemeinen Beweis einsehen, daß der bereits über die Veränderlichkeit der Dispersion, für den Fall einer mehrmaligen Brechung des Lichts, aufgestellte Satz richtig ist.

Um uns von dem Gange des durch zwei Prismen gebrochenen Lichtes Rechenschaft zu geben, wollen wir voraussetzen, ein Strahl  $IS$  weißen Lichts falle senkrecht



zur Fläche  $DE$  auf das Prisma  $DEF$  ein,  $PQ$  sey senkrecht auf  $EF$  gezogen,  $SR$  bezeichne die Richtung des gebrochenen rothen Strahls und  $SV$  die des violetten. Man nehme nun ein zweites Prisma, aus gleicher Sub-

stanz wie das erste verfertigt, und vom Winkel  $A=E$ ; es sey so gestellt, daß der rothe Strahl die Fläche  $AB$  rechtwinklich treffe. Dieser Strahl, nachdem er unter der Incidenz  $SRY=PSI$  an der Fläche  $AC$  angelangt ist, wird nach  $RK$  gebrochen werden, parallel mit der ursprünglichen Richtung  $IS$ , weil der Winkel  $ISR$  dem Winkel  $SRK$  gleich seyn muß. Diefs gilt aber nicht von dem violetten Strahl  $SV$ , weil er schief auf die Ebene  $AB$  stößt. Er wird nach  $OV$  neigen, gegen das Perpendikel  $MN$ , um nach der Brechung an der zweiten Fläche  $AC$  in der Richtung  $VT$  fortzugehen, und sich also vom Perpendikel  $LZ$  zu entfernen.

Es bleibt nun noch zu sehen, welche Neigung der Strahl  $VT$  in Bezug auf  $RK$  annimmt, nachdem er die angezeigten Ablenkungen erlitten hat. Durch den Vergleich der rothen und violetten Strahlen erkennt man nun, ob die totale Refraction beider Prismen Null sey, wenn die Farben dispergiren oder nicht.

Um diesen Vergleich zu erleichtern, sey Winkel  $PSI=SRY=i$ , ferner  $m-dm : 1$  das Verhältniß des Incidenzsinus zum Refractionssinus für das Roth,  $m+dm : 1$  dasselbe Verhältniß für das Violett, Winkel  $QSR=XRK=r$ , und Winkel  $QIV=v$ . Dann hat man:

$$\sin i : \sin r :: 1 : m-dm,$$

woraus:

$$\sin r = (m-dm) \sin i \quad (I)$$

Nennt man nun  $\Delta$  den Winkel  $MOS=OSR$  und  $\Delta'$  den Winkel  $VON$ , so erhält man:

$$\sin \Delta : \sin \Delta' :: m+dm : 1,$$

und, wegen der Kleinheit der Winkel  $\Delta$  und  $\Delta'$ :

$$\Delta : \Delta' :: m+dm : 1,$$

woraus:

$$\Delta' = \frac{\Delta}{m+dm}.$$

Setzt man aber  $OVZ=i'$  und  $LVT=v'$ , so folgt:

$$i'=i-\Delta=i-\frac{\Delta}{m+dm},$$

und überdies:

$$\sin\left(i-\frac{\Delta}{m+dm}\right) : \sin v' :: 1 : m+dm,$$

woraus folgt:

$$\sin v' = (m+dm) \sin\left(i-\frac{\Delta}{m+dm}\right) \dots (II)$$

Berechnet man nun die Winkel  $r$  und  $v'$ , d. h.  $XRK$  und  $LVT$  mittelst der Formeln I und II, so wird man finden, daß der erstere immer den letzteren übertrifft. Mithin fahren die violetten Strahlen keineswegs parallel den rothen aus, vielmehr wird eine Dispersion stattfinden, ohne daß das Bild des leuchtenden Punkts, durch Vermittlung der rothen Strahlen gesehen, abgelenkt erscheint. Da der violette Strahl  $VT$  mehr als der rothe  $RK$  gegen die Kante  $A$  neigt, so wird die Dispersion beim ersten Prisma  $DEF$  stärker seyn. Diels stimmt mit dem Versuch 8.

Um ein Beispiel zu geben, sey  $i=30^\circ$  und jedes der Prismen von Flintglas. Für dieses Glas ist  $m=1,580$ ,  $dm=0,015$ ,  $\sin r=1,565 \cdot \sin 30^\circ$  und  $r=51^\circ 29'$ , ferner  $\sin i : \sin v :: 1 : m+dm$ , d. h.  $\sin v = (m+dm) \sin i = 1,595 \sin 30^\circ$ . Daraus hat man:

$$v=52^\circ 54'$$

also:

$$v-r=\Delta=1^\circ 25',$$

und ferner:

$$\sin v' = 1,595 \cdot \sin\left(30^\circ - \frac{1^\circ 25'}{1,595}\right),$$

woraus:

$$v'=50^\circ 54'$$

Der Dispersionswinkel  $r-v'$ , nach dem Durchgang durch die beiden Prismen, wird also  $35'$  seyn, ohne daß das Bild von der Stelle geschoben ist.

Denkt man sich das Prisma  $ABC$  um seine Axe gedreht, bis die  $AB$  der Fläche  $FE$  parallel geworden, so ist leicht zu ersehen, daß, bei einer solchen Stellung, die Strahlen  $RS$  und  $SV$  bei ihren Austritt aus der Fläche  $AC$  unter sich und mit dem Strahl  $IS$  parallel seyn müssen. Alsdann ist also die totale Refraction Null, wie die Dispersion.

Bemerken wir überdiß, daß in diesem Fall das Lichtbündel, welches auf die Fläche  $AB$  des zweiten Prismas einfällt, gegen die Basis  $BC$  neigt, während im vorgehenden Fall dasselbe Bündel gegen die Kante neigte. Daraus kann man folgern, daß Theorie und Beobachtung übereinstimmend beweisen, daß die Dispersion in einem zweiten Prisma größer sey, wenn der auf dasselbe fallende Strahl gegen die Basis neige, als im umgekehrten Fall. Allein um sich noch mehr von dieser Wahrheit zu überzeugen, braucht man nur zu erwägen, daß man für ein einziges Prisma schon auf allgemeine Weise bewiesen hat, daß die Dispersion desto größer ist, je mehr der einfallende Strahl gegen die Kante neigt. Allein diese Lage des einfallenden Strahls entspricht immer der des ausfahrenden, gegen die Basis geneigten Strahls. Wenn also ein Lichtstrahl, der durch Brechung in einem ersten Prisma zerlegt worden ist, durch ein zweites, gegen das erstere umgekehrt liegende Prisma geht, so wird er, vermöge des Satzes von der Wechselseitigkeit, im entgegengesetzten Sinne zerstreut, und zwar am leichtesten, wenn er die Vorderfläche des zweiten Prismas unter einer Neigung trifft, die ihn der Basis dieses Prismas näher bringt.

Offenbar ist nun die gewöhnliche Farbentheorie hinreichend, um mit der größten Leichtigkeit zu erweisen, daß die *achromatische Refraction durchaus nicht mehr als eine einzige brechende Substanz erfordert*. Indefs, obwohl diese Theorie, von Newton an bis auf unsere Tage, von so vielen großen Mathematikern und berühm-

ten Optikern cultivirt worden ist, so ist doch die von mir nachgewiesene Eigenschaft nicht bloß unbekannt geblieben, ja sogar für unmöglich gehalten, wie sie es noch seyn würde, wenn mich nicht einige Versuche, die ich zu anderem Behufe anstellte, dieselbe hätten entdecken lassen. Es ist dieß ein Beispiel mehr zu so vielen anderen, um zu zeigen, daß in der Physik die Erfahrung sich nicht immer durch die Theorie entbehrlich machen lasse, um alle die eine Erscheinung begleitenden Umstände zu entschleiern <sup>1)</sup>).

## VII. Ueber die Theorie des Siedens.

(Aus einem Schreiben des Hrn. Directors Prechtl.)

Wien, 31. Juli 1835.

— **Zu** meinen Bemerkungen über die Temperatur des Dampfes beim Sieden von Salzaufösungen, welche in dem 5. Hefte Ihrer Annalen enthalten sind, haben E. W. in einer Note den Ausspruch hinzugefügt, daß sich die dort aufgestellten mit der Erfahrung übereinstimmenden Sätze keineswegs, wie ich glaube, aus der bisherigen Theorie der Dampfbildung herleiten lassen, welche vielmehr fordere, daß, wenn eine Auflösung bei 150° C. siede,

- 1) Hr. Amici that hier offenbar den Dioptrikern Unrecht; die Farbensaufhebung mittelst zweier oder mehrer Linsen aus Einem Glase ist keineswegs von ihnen ganz unbeachtet und unbenutzt geblieben; nur haben sie dieselbe auf die Construction der zusammengesetzten Oculare eingeschränkt, für welche sie, wie es scheint, zuerst von Boscovich (durch die Huyghens'schen Doppel-Oculare darauf aufmerksam gemacht) nachgewiesen ist, und, seit Dollond, Ramsden, Fraunhofer von allen heutigen Künstlern angewandt wird. (Am vollständigsten findet man den Gegenstand in Littrow's Dioptrik erörtert.) Dennoch dürfte der Aufsatz des Hrn. Amici nicht ohne Nutzen seyn.

P.



auch der aus ihr entwickelte Wasserdampf, der sich in einer Blase etc. über derselben befinden soll, die Temperatur von  $150^{\circ}$  bei  $28''$  haben müsse. Erlauben Sie mir zu bemerken, daß dieser Satz der Natur der Sache nach nur für jene Flüssigkeiten richtig sey und seyn könne, deren Dämpfe bei ihrer Condensirung wieder zu derselben Flüssigkeit werden, z. B. Wasser, Terpenthinöl etc., keineswegs aber für solche Flüssigkeiten, aus denen die entwickelten Dämpfe nur einen Theil der vorigen Zusammensetzung bilden. Diese Dämpfe werden sich durchaus rücksichtlich ihrer Temperatur so verhalten müssen, als wären sie bei  $28''$  aus ihrer eignen Flüssigkeit entstanden, in welche sie durch Condensirung übergehen. Denn es ist eine wesentliche, durch die Erfahrung vollkommen bestätigte Eigenschaft der Dämpfe, daß, wenn sie in ihrem Maximum der Dichtigkeit und der dazu gehörigen Temperatur in einen Raum ausströmen, in welchem sie eine, proportional dem Drucke, größere Ausdehnung anzunehmen fähig sind, die Verminderung ihrer Elasticität und Temperatur in der Art erfolgt, daß die Temperatur des ausgedehnten Dampfes diejenige ist, welche der Elasticität dieses Dampfes im Maximo der Dichtigkeit entspricht. Strömt z. B. 1 K. F. Dampf von  $28''$  und  $100^{\circ}$  C. in ein Gefäß von 9 K. F. aus, ohne daß Wärme nach außen entweicht, so wird die Elasticität des Dampfes nach der Ueberströmung  $= \frac{2}{10}'' = 2'',8$ , folglich nach den Tafeln seine Temperatur  $= 46\frac{1}{2}^{\circ}$ , und dieser Dampf befindet sich gleichfalls im Maximo seiner Dichtigkeit. Wenn also aus einer bei  $28''$  siedenden Salzauflösung reiner Wasserdampf entweicht, und sich augenblicklich in einer Blase aufhält, so hat dieser Dampf, die Temperatur des vorher in der Auflösung gebundenen Wassers mag auch noch so hoch gewesen seyn, doch nur bei dem Drucke von  $28''$  die Temperatur von  $100^{\circ}$  C., weil der Dampf, er mag bei seiner Trennung von dem Salze auch noch so dicht gewesen seyn, doch in

dem Augenblicke, als er in die Gegenwirkung des Luftdruckes tritt, sich so ausdehnt, daß er bei 28" die Temperatur von 100° C. annimmt, eben so als wenn er aus reinem Wasser entstanden wäre. Bleibt die Blase längere Zeit über der Kochsalzlösung stehen, so ist es wohl möglich, daß der Dampf in derselben sich in Folge der Wärmeleitung bis auf 150° C. erhitzt und ausdehnt; allein diestets ist eine Wirkung anderer Art, die nicht hieher gehört. Es ist demnach, wie ich gesagt habe, hier allerdings der ähnliche Fall vorhanden, als wenn Dampf von höherer Spannung in die Atmosphäre ausströmt, oder noch übereinstimmender ist der Fall, wenn in einem verschlossenen ganz angefüllten Gefäße Wasser auf 150° oder 200° C. erhitzt, und dann eine Ausströmung durch eine kleine Oeffnung bewirkt wird; in dem Augenblick, als der dichtere Dampf oder das heiße Wasser in Reaction mit der Atmosphäre tritt, nimmt der Dampf, indem er ausströmt, die Temperatur von 100° bei 28" an. Bei den Hydraten ist derselbe Vorgang, z. B. bei der Entwässerung der Schwefelsäure.

Uebrigens ist, so viel ich einzusehen vermag, die richtige Theorie der Dampfbildung, wie sie der Erfahrung entspricht, im Wesentlichen wohl nur folgende:

1) Nehmen wir Wasserdampf von 0° C., welchem ein Druck von 0",132 zugehört, und wovon Ein Pfund 4785,6 K.F. enthält (nach der in dem Artikel, Dampf, meiner technologischen Encyclopädie mitgetheilten Tafel), und stellen uns denselben in einem Raum von 73,14 K.F. zusammengepresst vor, in der Art, daß von der durch die Zusammendrückung entwickelten Wärme nichts nach außen verloren gehen kann, so erhält dieser Dampf (den Versuchen gemäß) eine Elasticität von 11",05 bei einer Temperatur von 75° C. Diese Elasticität muß als entstanden betrachtet werden: a) durch die Zusammendrückung der 4785,6 K.F. in den Raum von 73,14 K.F.; die auf diese Art nach dem Mariotte'schen Gesetze

entstehende Elasticität ist

$$= \frac{4785,6 \times 0,132}{73,14} = 8'',63.$$

b) Durch die Ausdehnung oder vermehrte Elasticität dieser zusammengedrückten Dampfmasse mittelst der Wärme, welche durch die Zusammendrückung (wie bei allen gasartigen Flüssigkeiten) frei geworden ist, und welche die sensible Wärme des Dampfes ausmacht, die zu seinem Bestehen bei dieser Temperatur und Dichtigkeit nothwendig ist. Diese Elasticität ist, wenn die Ausdehnung, wie bei den Gasarten, für  $1^\circ \text{ C.} = 0,00375$  beträgt,  $= 8'',63 \times 75^\circ \times 0,00375 = 2'',42$ ; folglich ist die ganze Elasticität  $= 8'',63 + 2'',42 = 11'',05$ . Allgemeiner ausgedrückt sey: die Gröfse der Zusammendrückung des Dampfes bei einer bestimmten Temperatur, um  $1^\circ$  Wärme zu entbinden  $= \Delta$ , die constante Gröfse der Ausdehnung durch  $1^\circ$  Wärme  $= n$ , die Elasticität des Wasserdampfes bei  $0^\circ = a$ , die Elasticität des Dampfes bei der Temperatur  $t = e$ , so ist:

$$e = a(1 + \Delta t + nt).$$

Die Gröfse von  $\Delta$  wächst mit der Temperatur, d. i. je größer die Temperatur oder Elasticität des Dampfes (im Maximo der Dichtigkeit) wird, desto größer wird die Zahl, welche anzeigt, um wie viel dieser Dampf zusammengedrückt werden müsse, um  $1^\circ$  Wärme zu entbinden. Drückt man mit Beifügung der Constanten aus den Versuchen den Werth von  $\Delta$  in einer Function von  $t$  aus, so enthält die obige Formel das physikalische Gesetz für die Elasticität des Dampfes.

2) Die Elasticität des Dampfes (im Maximo der Dichtigkeit) hängt also nur allein von seiner Temperatur ab. Die Gröfse  $\Delta t$  bestimmt das Verhältniß seiner Dichtigkeit, und  $nt$  bezeichnet die vermöge der aus der Verdichtung entstandenen Wärme bewirkte Elasticitätsvermehrung.

3) Die Elasticität des Dampfes wächst daher mit der

Temperatur in einem stärkeren Verhältniß als die Dichtigkeit, und zwar im Verhältnisse der GröÙe  $nt$ .

4) Dasselbe Gewicht Dampf enthält also für irgend eine Temperatur oder Dichtigkeit dieselbe Menge Wärme; bloß das Verhältniß der Werthe von  $\Delta t$  und  $nt$  ändert sich. Bei dem dichteren Dampf ist eine gröÙere Menge der ursprünglichen Wärme ausgepreßt oder sensibel, daher die latente Wärme geringer, bei dem dünneren Dampf findet das Umgekehrte statt. Die Summe beider ist sich bei allen Temperaturen gleich.

5) Das Verhalten in 1) gründet sich auf die Voraussetzung, daß bei der Ausdehnung oder Verdichtung der Dämpfe keine Wärme entweiche. In diesem Falle lassen sie sich beliebig ausdehnen und zusammendrücken, ohne daß eine Condensirung erfolgt; weil im letzten Falle die Zusammendrückung dem Dampfe die sensible Wärme verschafft, die zu seinem Bestehen nöthig ist. Kann dagegen Wärme in die Umgebung entweichen, so erfolgt die Condensirung so lange, bis die Temperatur des Dampfes mit jener der Umgebung in's Gleichgewicht gekommen ist, oder die Wärmeableitung aufhört, wo sodann Dampf von der zuletzt vorhandenen Temperatur zurückbleibt. Durch das Zusammendrücken condensirt sich der Dampf also nur dann, wenn durch die Verdichtung entbundene Wärme in die Umgebung übergehen kann.

6) Die Temperatur, mit welcher sich die Dämpfe aus einer homogenen, ohne Rückstand verdampfenden Flüssigkeit entwickeln, ist der Temperatur dieser selbst gleich, und ihre Elasticität dieser Temperatur entsprechend. Uebertrifft diese Elasticität den äußeren Luft- oder Dampfdruck, so erfolgt das Sieden. Ist die Temperatur unter dem Siedepunkte, so verbreitet sich der Dampf mit der dieser Temperatur zugehörigen Elasticität durch die Luft, wenn diese noch keinen Dampf derselben Art enthält, wie durch einen leeren Raum; enthält

hält sie bereits Dampf derselben Art, so kann die Dampfenentwicklung (Verdunstung) nur bei einer Temperatur oder Elasticität stattfinden, welche jene des über der Flüssigkeit liegenden oder in der Luft verbreiteten gleichartigen Dampfes übertrifft. Die Elasticität der mit dem neuen Dampfe gemischten Gas- oder Dampfarten ist dann die Summe der Elasticitäten der einzelnen Gas- oder Dampfarten, aus den das Gemisch besteht. (Dalton.)

7) Beim Sieden einer zusammengesetzten Flüssigkeit, als einer Salzauflösung, haben die sich entbindenden Wasserdämpfe dieselbe Elasticität und Temperatur, wie aus siedendem Wasser, unter demselben äußeren Drucke, indem diese Temperatur von dem Siedepunkte der Flüssigkeit unabhängig und nur von dem äußeren Drucke abhängig ist, wie bereits oben gezeigt worden. Bei der Verdunstung unterhalb des Siedepunkts liegt die Temperatur der Dämpfe um so viel unter der Temperatur der Flüssigkeit als der Siedepunkt des Wassers unter dem Siedepunkte der Salzauflösung; die Temperatur der Dämpfe ist hier also von dem Siedepunkte der Auflösung abhängig.

8) Aus der Betrachtung der obigen Formel ergibt sich, daß dieselbe, wenn für  $\alpha$  der gehörige Werth substituirt wird, für Dämpfe verschiedener Art gültig sey, vorausgesetzt, daß die, bestimmten Temperaturen zugehörigen, Werthe von  $\Delta$  für diese verschiedenen Dämpfe gleich seyen. Dieses ist die Dalton'sche Regel, daß für gleiche Temperaturen über oder unter dem Siedepunkte den Dämpfen aller Flüssigkeiten gleiche Elasticitäten zugehören. Man sieht hieraus, bis zu welchem Grade sie richtig oder genau seyn könne. Für die Dämpfe einiger Flüssigkeiten mögen die Werthe von  $\Delta$  wenig verschieden ausfallen, und für diese wird die Regel passen, wie ich bereits in meinem vorigen Schreiben gezeigt habe; daß aber diese Werthe für die Dämpfe aller homogenen Flüssigkeiten mit hinreichender Genauigkeit

dieselben seyen, läßt sich nicht behaupten, vielmehr bezweifeln, da die chemische Constitution der Dämpfe hier in's Spiel zu treten scheint.

9) Dafs die Dämpfe durch Wärme sich auf *dieselbe* Art wie Gasarten ausdehnen, oder bei bleibendem Umfange ihre Elasticität vermehren, ist gleichfalls in obiger Formel enthalten. Ausserhalb der Berührung mit ihrer Flüssigkeit dehnen sich die Dämpfe durch Wärme bis zu jedem Grade aus; indem sie in dem Maafs ihre Dichtigkeit vermindern. In diesem ausgedehnten oder verdünnten Zustande verhalten sich die Dämpfe bis zu der Gränze ihrer grössten Dichtigkeit, von welcher an sie ausgedehnt wurden, wie die Gasarten, indem sie sich nach demselben Gesetze durch Wärme ausdehnen, durch Kälte zusammenziehen, und ihre Elasticität nach demselben Gesetze durch Zusammendrückung vermehren. Hieraus folgt, dafs die Gasarten nichts anders seyen als Dämpfe, welche solchen tropfbaren Flüssigkeiten zugehören, deren Siedepunkt (unter dem atmosphärischen Drucke) mehr oder weniger bedeutend tiefer liegt als die gewöhnlichen oder künstlicher Weise hervorzubringenden Kältegrade, oder mit anderen Worten, die Gasarten sind bei relativ hohen Temperaturen expandirte Dämpfe. Z. B. das schwefligsaure Gas zu einer Flüssigkeit condensirt, übt, den Versuchen zufolge, bei  $15^{\circ}$  C. einen Druck von etwa 3 Atmosphären aus. Diese Elasticität haben die Wasserdämpfe bei einer Temperatur von  $135^{\circ}$ ; für denselben Druck beträgt also die Temperaturdifferenz  $=120^{\circ}$ ; folglich fällt, nach dem Dalton'schen Gesetze, der Siedepunkt der flüssigen schwefligen Säure bei  $28''$  auf  $120^{\circ}$  C. unter dem Siedepunkte des Wassers oder auf  $-20^{\circ}$ . Auf dieselbe Art ergiebt sich der Siedepunkt des Ammoniaks auf  $-53^{\circ},5$ , jener der flüssigen Kohlensäure auf  $-145^{\circ}$  <sup>1)</sup>. Der Dampf der Kohlensäure unserer Atmosphäre bei  $10^{\circ}$  C. befindet sich also in demselben ex-

1) Vergl. Dove in d. Ann. Bd. XXIII S. 290.

pandirten Zustande als Wasserdampf von  $100^{\circ}$  bei einer Temperatur von  $250^{\circ}$  ausgedehnt <sup>1)</sup>).

#### Nachschrift des Herausgebers.

Ich habe die vorstehende Erwiderung des hochgeschätzten Hrn. Verfassers mit all der ihr gebührenden Aufmerksamkeit gelesen, und eben so das frühere Schreiben desselben nochmals sorgfältig durchgesehen, muß aber dennoch bekennen, daß ich nach der reiflichsten Ueberlegung meine ursprüngliche Ansicht über den in Frage stehenden Gegenstand nicht abzuändern vermag. Auch jetzt kann ich mich nämlich nicht überzeugen, daß man die von Hrn. Rudberg beobachtete Thatsache hätte consequenterweise aus der bisherigen Theorie der Dampfbildung herleiten können; noch, daß die Nothwendigkeit derselben von dem geehrten Hrn. Verfasser nachgewiesen worden wäre. Wohl aber gebe ich zu, daß sich diese Thatsache, jetzt nachdem sie gehörig festgestellt worden ist, durch eine geringe Modification der bisherigen Theorie genügend erklären lasse; allein dies zu behaupten, war bei der früheren Bemerkung meine Absicht nicht.

Wenn ich die mir vom geehrten Hrn. Verfasser gemachten Einwürfe recht verstehe, so scheint dessen Meinung zu seyn (ich sage scheint, denn bestimmt finde ich sie nirgends ausgesprochen), daß die Blasen, welche sich im Innern einer siedenden Salzlösung bilden, *gesättigten* Wasserdampf enthalten, d. h. wenn die Salzlösung bei  $150^{\circ}$  C. siedet, Dampf, welcher die Temperatur  $150^{\circ}$  C. und die seinem Maximo, falls er aus reinem Wasser gebildet worden wäre, entsprechende Spannkraft von nahe

1) Schließlich erlaube ich mir zu bemerken, daß in der im 5ten Hefte Ihrer Annalen, S. 201, befindlichen Tafel in der ersten Columnne »bei  $0^{\circ}$  R.« statt »0 R. und in der zweiten »*proc.*« statt »p. Z.« steht.

4,5 Atmosphären (nach Dulong's Versuchen) besitzt, — daß dann diese Blasen beim Emporsteigen sich ausdehnen, und dadurch, nachdem sie an der Oberfläche angelangt sind, auf die Spannkraft von Einer Atmosphäre, und dem zufolge (gemäß dem Satz, daß die Wärmemenge einer Dampfmasse in jedem ihrer Sättigungszustände gleich sey) auch auf die Temperatur  $100^{\circ}$  C. zurückkommen, ohne daß bei dem sehr raschen Durchgang der Blasen durch die Flüssigkeit und dem sogleich darauf erfolgenden Platzen derselben eine fernere Erwärmung des Dampfs von Seiten der Flüssigkeit möglich sey.

Wenn dieß wirklich die Meinung des geehrten Hrn. Verfassers seyn sollte, wie ich fast glaube, so bin ich in Betreff der Erklärung des Phänomens völlig mit ihm einverstanden. Ich wenigstens wüßte nicht, wie man sich auf andere Weise genügende Rechenschaft von demselben zu geben vermöchte <sup>1)</sup>.

Allein keineswegs kann ich die Ansicht theilen, daß die eben aufgestellte Erklärung mit Nothwendigkeit aus der bisherigen Theorie hervorgehe. Denn diese Erklärung bedarf ganz unumgänglich des Satzes, daß sich im Innern einer siedenden Salzlösung gesättigter Wasserdampf bilde, und ob dieß der Fall sey oder nicht, hat man vor Hrn. Rudberg's Entdeckung nicht mit Sicher-

- 1) Wenn es nöthig seyn sollte diese Erklärung mit einem experimentellen Beweis zu belegen, so könnte derselbe auf ähnliche Weise geführt werden, wie man wohl in Vorlesungen den Process des Wassersiedens erläutert. Man müßte nämlich in eine nahe bis zu ihrem Siedpunkt (von z. B.  $150^{\circ}$  C.) erhitze Salzlösung von außen her Wasserdampf von  $150^{\circ}$  und successiv verschiedenem Sättigungsgrade (z. B. von 1, 2, 3, 4 und 4,5 Atmosphären Spannkraft) durch eine Röhre einströmen lassen; man würde dann finden, daß der zur Salzlösung austretende Dampf eine desto niedrigere Temperatur besitzt, je höher die Spannkraft des einströmenden war. Nur bei völliger Sättigung des einströmenden Dampfs (wenn er also  $150^{\circ}$  C. und 4,5 Atmosphären Spannkraft besäße) würde der austretende die Temperatur  $100^{\circ}$  zeigen.



heit entscheiden können. Jener Satz kann meines Erachtens consequenterweise nicht aus allgemeinen Principien hergeleitet werden, ist es mindestens bisher nicht, und wird auch eben so wenig durch eine frühere Erfahrung gerechtfertigt. Und doch hätte seine Richtigkeit zuvor erwiesen seyn müssen, ehe man im Stande war, die von Hrn. Rudberg entdeckte Thatsache mit Grund und Zuverlässigkeit vorauszusagen. Alle bis jetzt bekannten Erfahrungen über die Einwirkung nicht siedender Salzlösungen auf eingeschlossenen Wasserdampf sprachen für die entgegengesetzte Voraussetzung, daß beim Sieden solcher Lösungen *nichtgesättigter* Wasserdampf gebildet werde, und auf diese Voraussetzung gründen sich denn auch, meistens stillschweigend, die seither über das Sieden der Salzlösungen aufgestellten Theorien, die eben deshalb keine Erklärung der neuen Erscheinung zu liefern vermögen <sup>1)</sup>).

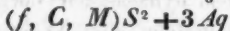
Erst und alleinig durch die von Hrn. Rudberg entdeckte und sorgfältig untersuchte Thatsache ist die Unrichtigkeit dieser letzteren Voraussetzung nachgewiesen worden, und zugleich haben wir dadurch gelernt, daß zwischen der vollendeten Einwirkung nichtsiedender Salzlösungen auf eingeschlossenen Wasserdampf, als einem statischen Zustand, und dem Proceß des Siedens solcher Lösungen, als einem dynamischen Vorgang, ein wesentlicher Unterschied bestehe, aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch hervorgerufen, daß bei dem Sieden, in Folge der steten und raschen Fortführung und Erneuerung des Wasserdampfs, einerseits die Salzlösung an der Ausübung ihrer Anziehung auf den in den Bläschen enthaltenen Dampf verhindert ist, und andererseits auch das Gleichgewicht der Temperatur nicht einzutreten vermag. Verschlösse man ein Gefäß, in welchem eine bei 150° C. siedende Salzlösung enthalten wäre, ohne ihr von nun

1) Es war auch im Sinne dieser Theorien gemeint, wenn ich früher sagte, daß das vom Dampfkessel entlehnte Beispiel nicht passe.

an neue Wärme zuzuführen, so würde offenbar augenblicklich oder nach sehr kurzer Zeit der statische Zustand eintreten, nämlich das Sieden aufhören, und der Wasserdampf die Temperatur  $150^{\circ}$  C. annehmen, zugleich aber auch durch Einwirkung der Lösung so viel an Dichtigkeit verlieren, daß seine Spannkraft der der Atmosphäre gleich bliebe.

### VIII. *Oerstedt, ein neues Mineral.*

**F**orchhammer hat ein neues Mineral entdeckt, und ihm, nach dem berühmten Oersted, den obigen Namen gegeben. Es kommt zu Arendal vor, gewöhnlich auf Augitkrystallen sitzend, ist braun, glänzend und von sehr zusammengesetzter, dem Pyramidalsystem angehöriger Form. Die Polwinkel der ersten Pyramide sind  $123^{\circ} 16' 30''$ . Außerdem kommen zwei spitzere Quadratoctaëder in derselben Stellung vor, beide quadratische Prismen und eine achtseitige Pyramide mit ungleichen Winkeln. Es hat also in der Form etwas Aehnlichkeit mit dem Zirkon, dessen Winkel  $123^{\circ} 19'$  ist. Specif. Gewicht 3,629. Härte zwischen Feldspath und Apatit, wird vom Messer geritzt. Es besteht zu  $\frac{1}{3}$  aus



und zu  $\frac{2}{3}$  aus Titansäure und Zirkonerde. Die Analyse gab 19,708 Kieselerde, 2,612 Kalk, 2,047 Talkerde, etwas manganhaltig, 1,136 Eisenoxydul, 68,965 Titansäure und Zirkonerde (nicht mit Sicherheit zu trennen) und 5,532 Wasser. (Berzelius, Jahresb. N. 15 S. 209.)

Berichtigung. S. 598 Z. 6 v. u. statt Breite lies Brennweite.

# Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. — Mai 1835.

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			W i n d.			W e t t e r.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
1														
2														
3														
4	34,63	34,53	34,92			+12,5	+14,6	+15,8	NW.	NW.	NW.	v.	w.	w.
5	35,88	36,07	34,98			+9,2	+10,0	+10,8	W.	NW.	W.	ht.	w.	v.
6	37,16	37,17	35,69			+7,7	+9,5	+10,5	W.	W.	NW.	bd.	v.	ht.
7	35,39	35,58	35,64			+10,5	+13,8	+11,3	SO.	SO.	NW.	bd.	bd.	bd. r.
8	37,14	37,12	37,09			+10,3	+12,5	+12,5	WNW.	WNW.	NW.	bd.	v.	v.
9	37,27	37,03	36,82			+11,9	+13,5	+14,5	NW.	WNW.	NW.	v.	bd.	bd.
10	35,63	35,32	34,89			+14,8	+16,9	+16,6	S.	WSW.	SW.	v.	ht.	v.
11	34,97	34,56	34,68			+13,1	+14,2	+10,9	SW.	WSW.	SW.	ht.	ht.	ht.
12	34,13	33,44	32,54			+11,0	+9,6	+10,5	SW.	SW.	SW.	v.	bd. r.	bd.
13	30,99	30,64	30,34			+10,4	+10,7	+9,6	SW.	WSW.	NW.	ht.	bd.	bd.
14	30,55	30,58	30,61			+6,0	+8,0	+8,3	W.	W.	NW.	bd.	bd.	bd.
15	33,60	34,09	34,53			+6,8	+7,3	+8,6	W.	W.	W.	bd.	bd.	v.
16	35,92	35,51	35,42	3,8	+13,8	+9,8	+12,6	+13,3	SO.	O.	SO.	ht. ht.	ht.	v.
17	37,60	37,62	37,62	8,6	+15,2	+11,3	+13,7	+15,1	W.	WNW.	NW.	ht.	ht.	ht.
18	36,33	38,13	37,74	5,6	+14,2	+11,6	+13,5	+14,1	O.	NO.	NO.	ht. ht.	ht.	ht.
19	37,95	37,56	37,02	4,0	+11,5	+7,8	+9,3	+11,3	O.	SO.	ONO.	ht.	ht.	ht.
20	37,73	37,46	37,41	4,7	+13,6	+9,6	+12,4	+13,4	OSO.	OSO.	O.	ht. ht.	ht. ht.	ht.

(Mai 1835.)

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
21	38,37	38,13	37,72	+ 5,3	+ 16,7	+ 11,6	+ 14,8	+ 15,5	SO.	SO.	SO.	ht.	ht.	ht.
22	35,32	35,26	35,10	+ 5,0	+ 14,3	+ 13,6	+ 11,8	+ 11,2	NNW.	NNW.	WSW.	v.	bd. r.	bd.
23	34,63	34,95	35,52	+ 8,6	+ 9,6	+ 10,5	+ 9,5	+ 9,3	WSW.	NNW.	W.	bd.	bd.	bd.
24	37,84	37,45	37,46	+ 5,9	+ 13,3	+ 8,3	+ 11,3	+ 13,2	W.	W.	W.	bd.	bd.	v.
25	35,46	34,71	33,98	+ 8,0	+ 17,7	+ 13,3	+ 16,3	+ 17,3	SSW.	SW.	SW.	ht.	ht.	ht.
26	32,67	32,68	32,75	+ 8,9	+ 13,0	+ 10,3	+ 12,3	+ 11,7	W.	WSW.	WSW.	v.	v.	v.
27	31,54	32,43	33,98	+ 9,0	+ 13,7	+ 11,3	+ 12,3	+ 13,7	W.	WSW.	W.	bd.	bd.	v.
28	36,46	36,49	36,47	+ 8,3	+ 16,1	+ 12,8	+ 14,7	+ 15,5	NNW.	NO.	SO.	ht.	v.	l. bd.
29	35,48	35,02	34,46	+ 10,2	+ 17,3	+ 13,3	+ 15,7	+ 15,1	NO.	NO.	NO.	v.	v.	v.
30	33,14	33,11	33,01	+ 9,0	+ 10,9	+ 9,5	+ 10,8	+ 10,2	NW.	NNV.	NNV.	bd.	bd.	bd.
31	33,80	34,09	34,55	+ 9,1	+ 12,9	+ 10,8	+ 12,7	+ 11,2	W.	W.	W.	bd.	bd.	bd.
	36,16	36,12	35,72			+ 11,00	+ 12,97	+ 13,14	Mittel vom 4 bis 10					
	35,18	34,96	34,79			+ 9,74	+ 11,13	+ 11,51	-	-	11 - 20			
	34,97	34,94	35,00	+ 7,94	+ 14,14	+ 11,40	+ 12,93	+ 13,08	-	-	21 - 31			
	35,34	35,24	35,11			+ 10,70	+ 12,30	+ 12,54	-	-	4 - 31			

Erläuterungen.

ht. ht. = ganz heiter; ht. = heiter; w. = wollik; v. = vermisch; bd. = bedeckt; t. = trübe; n. = neblig;  
 N. = Nebel; r. = regnet; R. = Regen; Sn. = Schnee; Rf. = Reif; St. = Sturm; st. = stürmisch; G. = Ge-  
 witter; Gw. = Gewitterwolken; H. = Hagel. — Höhe des Barometers über dem Straßenpflaster = 16,5  
 Par. Fuß. — Angabe seines Standes, der Ueberschufs über 300 Par. Lin.

# Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. — Juni 1835.

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.			Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.		9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
1	36,45	36,60	36,87	+ 8,6	+11,0		+11,0	+ 9,5	+ 9,5	W.	NW.	NW.	bd. r.	bd. r.	bd. r.
2	37,94	38,02	38,28	+ 7,7	+15,3		+12,2	+14,0	+15,3	NW.	W.	NW.	ht.	ht.	v.
3	38,54	38,24	37,77	+ 8,5	+17,9		+14,6	+16,3	+17,4	NO.	NO.	SO.	ht.	bd.	ht.
4	36,99	36,73	36,56	+10,5	+20,8		+16,4	+20,1	+20,0	SO.	SO.	SO.	ht. ht.	ht.	ht.
5	37,56	37,37	37,22	+11,6	+20,0		+17,3	+19,1	+19,7	O.	O.	O.	ht. ht.	ht.	ht. ht.
6	39,24	39,16	39,08	+12,2	+21,7		+17,8	+20,2	+20,7	O.	ONO.	ONO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
7	40,11	39,92	39,62	+13,6	+22,2		+19,0	+20,7	+21,2	SO.	SO.	SO.	bw.	bw.	ht.
8	39,54	39,11	38,90	+14,7	+22,3		+19,3	+21,6	+21,5	O.	SO.	SO.	ht. ht.	ht.	ht.
9	38,95	38,61	38,50	+13,2	+21,7		+19,5	+21,5	+21,3	O.	NO.	N.	ht. ht.	ht. ht.	w.
10	40,29	40,44	40,27	+12,0	+20,0		+18,5	+20,0	+20,6	O.	O.	O.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
11	41,18	41,01	40,70	+13,5	+21,6		+19,1	+21,2	+21,6	S.	S.	S.	ht. ht.	bw.	w.
12	39,99	39,51	39,02	+13,9	+21,5		+20,1	+21,2	+21,3	NW.	N.	SO.	ht. ht.	w.	ht.
13	37,87	37,46	37,31	+12,5	+21,6		+18,9	+21,2	+17,2	NO.	NO.	W.	ht. ht.	ht.	bd.
14	37,11	37,08	36,45	+ 9,4	+19,6		+14,8	+17,3	+18,8	NO.	NNW.	NW.	ht. ht.	ht.	Gw.
15	36,81	36,76	36,61	+ 9,0	+16,5		+12,7	+14,7	+15,8	WSW.	W.	NW.	bd.	ht.	ht.
16	37,68	37,95	37,69	+ 8,9	+17,0		+12,5	+14,5	+15,5	NO.	NNW.	NO.	ht.	ht.	bd.
17	37,50	37,42	36,95	+11,5	+18,1		+16,1	+16,4	+17,8	SW.	SSW.	S.	w.	w.	v.
18	36,56	36,24	36,01	+11,4	+18,4		+16,2	+17,8	+16,3	SW.	WNW.	N.	bw. r.	ht.	ht.
19	36,86	34,92	35,38	+11,9	+15,5		+12,5	+14,7	+13,0	NW.	WSW.	NNW.	bw.	ht.	v.
20	36,51	37,26	36,10	+ 5,5	+13,6		+10,2	+13,0	+12,3	WSW.	NW.	NW.	w.	v.	

(Juni 1835.)

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.			Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.		9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
21	34,87	35,28	35,34	+ 8,3	+15,4		+11,6	+13,2	+12,2	W.	NW.	NW.	bd.	w.	w.
22	34,95	34,76	34,57	+ 8,4	+21,0		+15,7	+18,8	+19,5	SV.	SW.	SW.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
23	34,43	33,90	33,51	+11,4	+22,0		+17,3	+20,1	+21,1	SV.	SW.	SW.	ht. ht.	ht. ht.	v.
24	33,43	33,61	33,24	+11,4	+17,6		+13,6	+16,4	+16,5	NW.	VNW.	NW.	v.	bd.	bd.
25	31,12	31,26	33,32	+10,9	+17,8		+13,3	+15,3	+16,1	SSW.	SW.	SW.	bd.	bd.	bd.
26	32,17	32,33	32,78	+ 9,4	+14,5		+12,5	+14,5	+14,0	S.	SW.	SW.	ht.	ht.	bd.
27	34,23	34,05	33,81	+ 6,0	+16,8		+13,3	+15,6	+15,3	SV.	SW.	SSO.	bd.	bd.	bd.
28	35,98	36,38	36,73	+ 7,3	+15,6		+ 8,4	+14,2	+14,9	SV.	VSW.	V.	bd.	v.	v.
29	36,88	37,64	37,47	+ 7,9	+13,9		+12,0	+13,3	+18,4	W.	NW.	NW.	ht.	bd.	v.
30	36,73	36,68	36,33	+ 8,6	+12,9		+12,4	+12,5	+10,7	NW.	N.	NW.	bd.	bd. r.	bd. r.
	38,56	38,42	38,31	+11,26	+19,29		+16,56	+18,30	+18,72	Mittel vom 1 bis 10					
	37,81	37,56	37,22	+10,75	+18,34		+15,31	+17,20	+16,96	-	-	11 - 20			
	34,48	34,60	34,71	+ 8,96	+16,75		+13,01	+15,39	+15,37	-	-	21 - 30			
	36,95	36,86	36,75	+10,32	+18,13		+14,96	+16,96	+17,02	-	-	1 - 30			

Erläuterungen.

lt. ht. = ganz heiter; ht. = heiter; w. = wolbig; v. = vermisch; bd. = bedeckt; t. = trübe; n. = neblig;  
N. = Nebel; r. = regnet; R. = Regen; Sn. = Schnee; Rf. = Reif; St. = Sturm; st. = stürmisch; G. = Ge-  
witter; Gw. = Gewitterwolken; H. = Hagel. — Höhe des Barometers über dem Straßenpflaster = 16,5  
Par. Fufs. — Angabe seines Standes, der Ueberschufs über 300 Par. Lin.

# Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. — Juli 1835.

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			W i n d.			W e t t e r.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
1	35,78	36,13	36,59	+ 9,6	+13,5	+12,1	+13,1	+13,4	N.	WSW.	VSW.	bd.	bd.	bd.
2	38,70	38,53	38,51	+10,8	+15,4	+12,4	+12,7	+13,8	WSW.	N.	NNW.	bd.	bd.	bd.
3	38,57	38,42	38,15	+ 9,7	+16,9	+14,7	+16,2	+16,8	NW.	SO.	O.	l. bd.	ht.	ht.
4	36,97	36,59	36,21	+12,4	+23,2	+17,5	+22,4	+22,5	SO.	SO.	SW.	ht.	ht.	ht.
5		36,85	36,45		+20,9		+20,7	+20,8	SO.	S.	S.	ht.	ht.	ht.
6	36,03	36,41	36,66	+14,3	+22,0	+18,1	+20,8	+21,0	SW.	NW.	NNW.	v.	v.	ht.
7	38,24	38,04	37,67	+13,0	+18,7	+16,2	+17,2	+17,8	O.	NO.	ONO.	bd.	v.	v.
8	37,13	37,15	36,71	+12,3	+17,5	+15,3	+14,9	+17,5	O.	SO.	SO.	bd.	v.	ht.
9	37,33	37,27	37,09	+12,4	+19,0	+15,5	+16,6	+18,3	NW.	NW.	NNW.	v.	v.	ht.
10	35,29	34,64	34,40	+13,3	+23,7	+17,7	+20,7	+23,7	S.	SSO.	SSW.	ht.	ht.	ht.
11	35,98	36,31	38,07	+13,1	+17,6	+14,8	+16,1	+17,2	W.	W.	W.	bd.	bd.	ht.
12	38,05	37,64	37,34	+ 9,2	+17,9	+14,3	+17,2	+17,6	SW.	SW.	SW.	ht.	w.	ht.
13	35,22	34,55	33,84	+12,6	+20,9	+17,0	+20,0	+20,3	S.	S.	SW.	ht.	ht.	ht.
14	33,94	34,02	34,09	+10,1	+14,1	+12,0	+10,5	+13,3	W.	W.	NNW.	bd.	bd. R.	v.
15	35,63	35,88	35,83	+ 9,4	+15,5	+11,8	+11,7	+15,3	W.	NW.	SW.	bd.	bd. r.	v.
16	36,54	36,48	36,31	+10,2	+20,7	+15,3	+18,5	+20,7	S.	S.	SW.	ht.	ht.	ht.
17	37,31	37,28	37,25	+12,5	+22,8	+18,1	+21,4	+22,7	NO.	NO.	WSSW.	ht.	l. bd.	v.
18	37,35	37,17	36,92	+12,5	+23,6	+19,2	+22,0	+23,3	SO.	SO.	SO.	ht.	ht.	ht.
19	36,87	36,71	36,46	+15,5	+25,5	+20,7	+23,2	+24,3	SO.	SO.	SO.	l. bd.	ht.	ht.
20	37,45	37,35	36,24	+15,9	+24,9	+22,2	+23,4	+24,5	SO.	N.	N.	ht.	ht.	ht.

# (Juli 1835.)

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
21	38,11	37,91	37,45	+13,8	+23,6	+19,7	+22,1	+23,4	NNO.	N.	NNO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
22	38,05	38,00	37,70	+12,6	+22,9	+18,0	+20,6	+22,4	N.	N.	NO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
23	38,69	38,48	37,84	+10,6	+20,7	+16,3	+19,0	+20,5	NO.	NO.	O.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
24	39,50	39,42	39,14	+9,2	+17,5	+13,8	+16,1	+17,3	NO.	ONO.	NO.	l. bd.	ht. ht.	ht. ht.
25	39,76	39,71	39,21	+7,8	+18,4	+13,7	+16,2	+17,5	NO.	N.	NO.	ht. ht.	w.	ht. ht.
26	40,12	40,00	39,85	+7,8	+17,3	+12,7	+15,7	+17,1	NO.	NO.	NO.	w.	ht. ht.	ht. ht.
27	39,33	39,12	38,49	+8,8	+18,8	+15,5	+17,0	+18,5	SW.	SW.	SW.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
28	36,88	36,55	35,87	+11,5	+21,7	+16,3	+20,2	+21,5	SW.	W.	NW.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
29	35,56	35,52		+11,5	+17,4	+13,8	+15,8		W.	NW.	NW.	bd.	v.	bd.
30	35,56	35,71	35,86	+10,6	+17,2	+12,2	+15,2	+16,7	NW.	NW.	NW.	bd.	bd.	ht.
31	35,42	33,08		+10,5	+19,9	+15,3	+18,5	+16,0	NNV.	VNW.	VWSW.	v.	v.	v.
	37,12	37,00	36,74	+11,97	+19,08	+15,51	+17,53	+18,56	Mittel vom 1 bis 10					
	36,43	36,34	36,23	+12,10	+20,35	+16,54	+18,40	+19,92	-	-	11 - 20			
	37,91	37,77	37,93	+10,43	+19,56	+15,21	+17,86	+17,63	-	-	21 - 31			
	37,17	37,06	36,94	+11,45	+19,66	+15,74	+17,93	+19,29	-	-	1 - 31			

## Erläuterungen.

ht. ht.=ganz heiter; ht.=heiter; w.=wolkig; v.=vermischt; bd.=bedeckt; t.=trübe; n.=neblig;  
 N.=Nebel; r.=regnet; R.=Regen; Sn.=Schnee; St.=Sturm; at.=stürmisch; G.=Gewitter; Gw.=Gewitterwolken; H.=Hagel. — Höhe des Barometers über dem Straßensplaster = 16,5  
 Par. Fuß. — Angabe seines Standes, der Ueberschuss über 300 Par. Lin.



# Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. — August 1835.

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
1	36,19	36,27	36,09	+ 9,0	+17,0	+13,1	+14,3	+16,9	W.	NW.	WNW.	ht.	ht.	ht.
2	36,82	36,38	36,28	+ 7,5	+17,2	+15,4	+15,0	+16,4	NW.	NW.	NW.	ht.	ht.	ht.
3	36,60	36,74	36,15	+ 7,8	+16,8	+12,8	+15,4	+16,7	ONO.	NO.	NO.	bw.	ht.	ht.
4	36,90	36,74	36,42	+ 8,5	+18,9	+15,8	+18,1	+17,8	ONO.	O.	O.	ht.	ht.	v.
5	36,58	36,46	36,44	+10,6	+20,9	+15,8	+18,6	+18,5	SO.	SO.	SO.	v.	ht.	ht.
6	36,85	36,60	36,28	+13,2	+20,6	+17,7	+18,7	+20,0	SSO.	SW.	WNW.	ht.	ht.	ht.
7	34,35	34,05	33,12	+14,6	+14,9	+16,3	+13,8	+14,3	W.	W.	NW.	bd.	R. bd.	R. bd.
8	33,39	34,01	34,53	+ 9,1	+13,9	+11,5	+10,7	+12,7	W.	NW.	NW.	bd.	R. sch.	w.
9	35,71	35,89	36,06	+ 7,3	+12,3	+ 9,5	+10,2	+11,6	NW.	NW.	WNW.	bd.	ht.	bd.
10	37,24	37,39	37,23	+ 8,0	+15,9	+11,1	+13,5	+15,3	NW.	VSW.	V.	ht.	ht.	ht.
11	37,98	38,05	37,96	+11,4	+16,5	+12,7	+13,7	+16,3	NW.	NW.	WNW.	bd.	bd.	bd.
12	36,81	36,37	35,65	+10,8	+22,8	+17,2	+21,2	+21,8	SSW.	S.	S.	ht.	ht.	ht.
13	35,82	35,98	36,32	+13,3	+19,3	+16,7	+18,7	+18,0	SW.	W.	NW.	ht.	bd.	ht.
14	37,55	37,67	37,67	+12,2	+18,4	+14,2	+16,8	+16,8	NW.	NW.	NW.	bd.	v.	v.
15	37,85	37,68	37,34	+10,2	+18,4	+14,2	+17,3	+18,3	OSO.	SO.	SO.	ht.	ht.	ht.
16	37,27	37,35	37,30	+12,1	+19,6	+13,7	+18,6	+19,3	SO.	O.	O.	ht.	ht.	ht.
17	37,94	37,96	37,73	+11,4	+20,1	+16,0	+19,1	+19,8	NO.	W.	NW.	ht.	ht.	ht.
18	38,64	38,60	38,32	+13,0	+17,5	+14,3	+15,9	+17,4	NO.	NO.	NW.	ht.	ht.	ht.
19	38,84	38,72	38,32	+ 9,0	+19,1	+14,5	+17,0	+19,0	NO.	O.	ONO.	ht.	ht.	ht.
20	36,93	36,51	35,60	+11,6	+20,6	+16,8	+19,3	+19,8	SO.	SO.	SO.	ht.	ht.	ht.

(August 1835.)

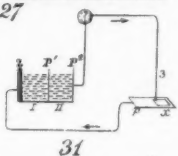
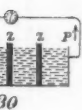
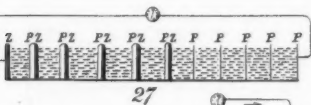
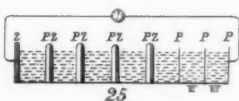
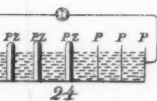
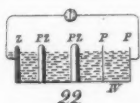
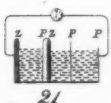
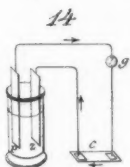
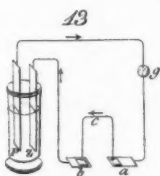
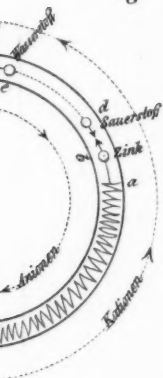
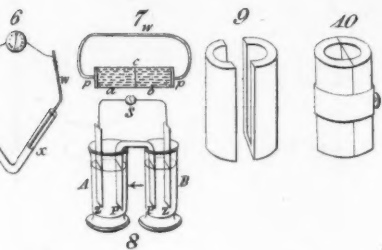
Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.			Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.		9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
21	34,45	34,15	33,62	+12,2	+22,4		+16,4	+20,8	+22,1	SO.	OSO.	SO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
22	34,00	33,94	33,64	+14,6	+23,4		+18,8	+21,6	+23,2	SSO.	S.	S.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
23	32,63	32,72	33,03	+15,6	+23,0		+19,4	+21,1	+19,3	SSO.	NW.	NW.	ht. ht.	v.	ht.
24	34,61	34,42	34,03	+12,1	+19,2		+14,5	+17,5	+18,9	VV.	NW.	NW.	ht. ht.	ht. ht.	ht.
25	32,89	32,90	33,01	+9,8	+19,1		+15,7	+18,1	+16,5	O.	SO.	O.	ht. ht.	ht.	ht.
26	33,69	33,40	33,38	+10,0	+16,7		+13,2	+15,3	+16,7	ONO.	NO.	NO.	ht. ht.	ht.	ht.
27	35,68	35,99	36,11	+8,1	+14,7		+11,8	+13,5	+13,2	O.	C.	O.	ht.	ht.	ht.
28	37,84	37,71	37,52		+17,3		+11,6	+15,4	+16,8	SO.	SO.	SO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
29	37,73	37,29	36,81		+16,5		+11,3	+14,3	+16,3	NO.	NO.	NO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
30	35,78	35,22	35,15	+7,4	+16,4		+11,8	+16,2	+14,7	NW.	NW.	NW.	v.	v.	v.
31	35,81	35,75	35,68	+7,5	+13,3		+12,0	+11,8	+12,3	N.	N.	N.	v.	ht.	ht.
	35,98	36,06	35,86	+9,56	+16,84		+13,90	+14,83	+16,02	Mittel vom 1 bis 10					
	37,56	37,49	37,17	+11,50	+19,23		+15,23	+17,76	+18,86	-	11	20			
	35,01	34,86	34,73	+10,81	+18,36		+14,23	+16,88	+17,28	-	21	31			
	36,15	36,10	35,83	+10,62	+16,15		+14,45	+16,50	+17,33	-	1	31			

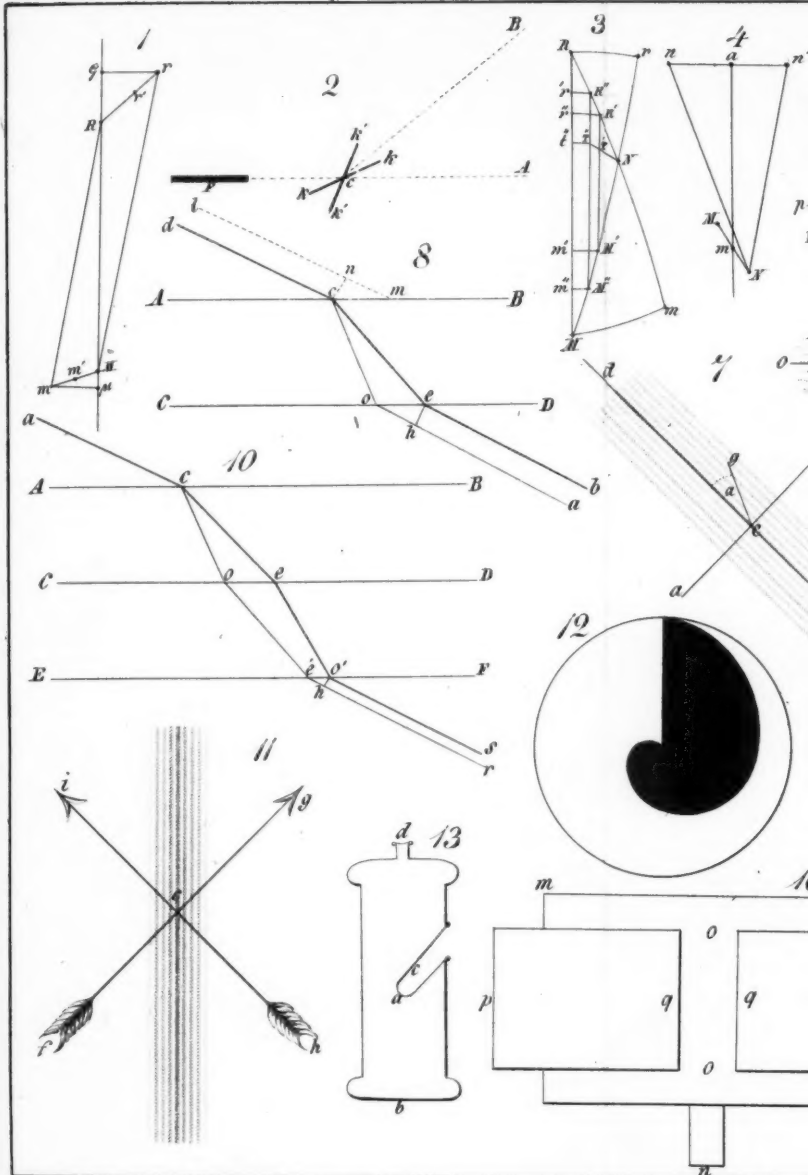
Erläuterungen.

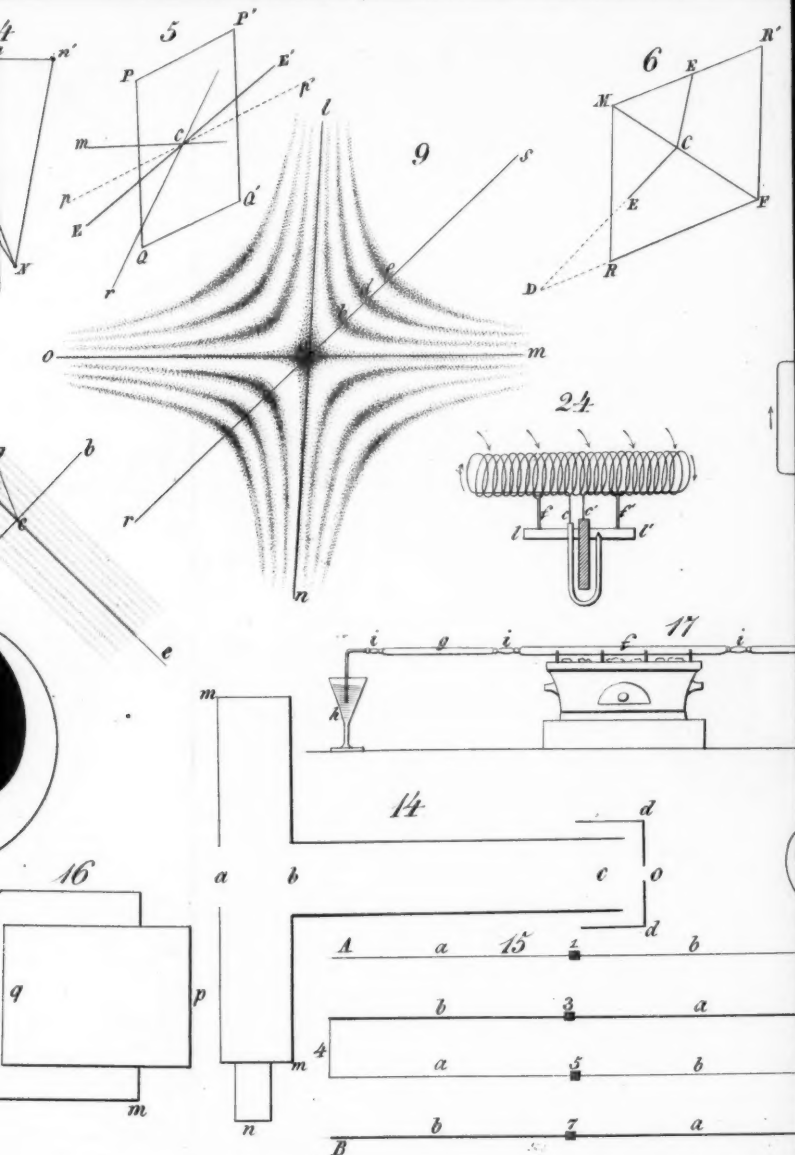
ht. ht. = ganz heiter; ht. = heiter; w. = wolkig; v. = vermisch; bd. = bedeckt; t. = trübe; n. = neblig;  
 N. = Nebel; r. = regnet; R. = Regen; Sn. = Schnee; Rf. = Reif; St. = Sturm; st. = stürmisch; G. = Ge-  
 witter; Gw. = Gewitterwolken; H. = Hagel. — Höhe des Barometers über dem Straßenspfaster = 16,5  
 Par. Fuß. — Angabe seines Standes, der Ueberschuß über 300 Par. Lin.

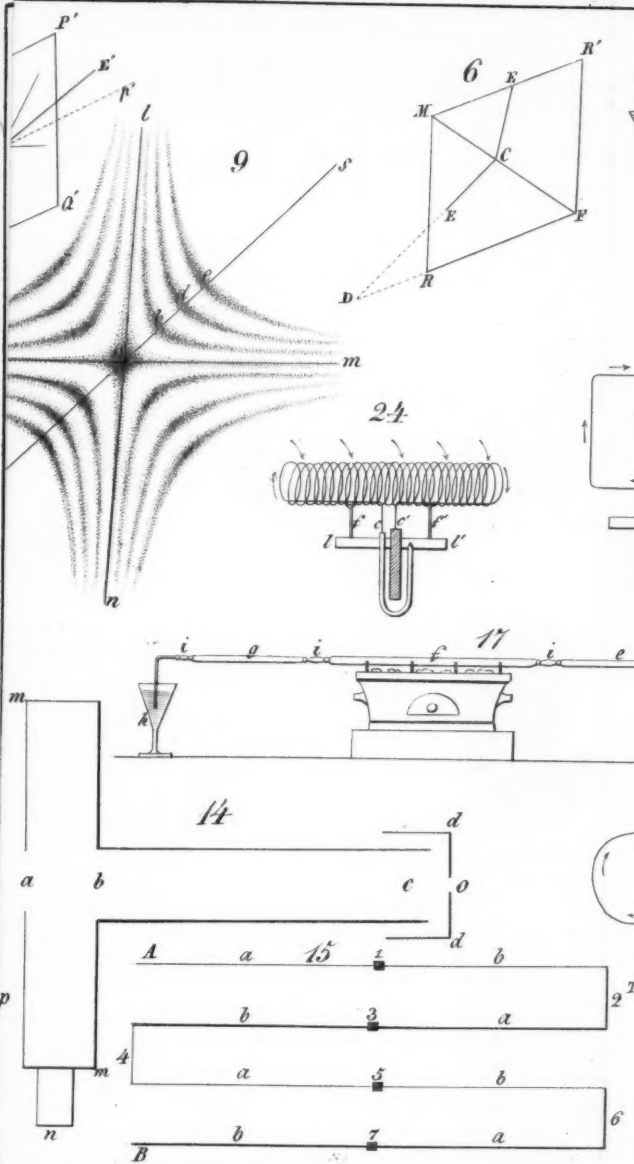




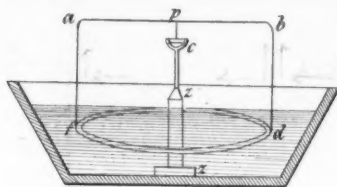




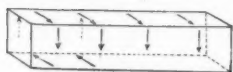




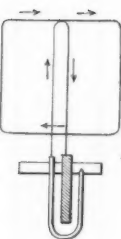




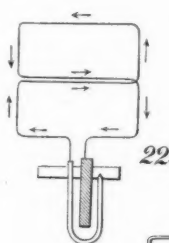
23



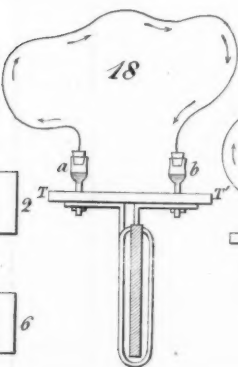
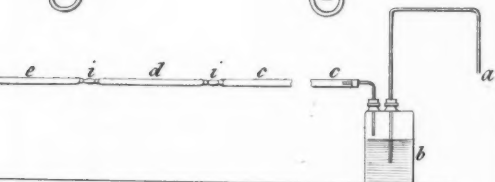
25



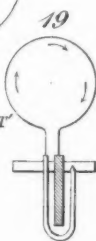
21



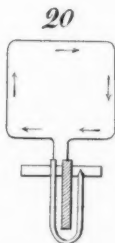
22



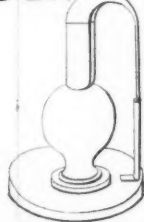
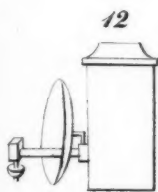
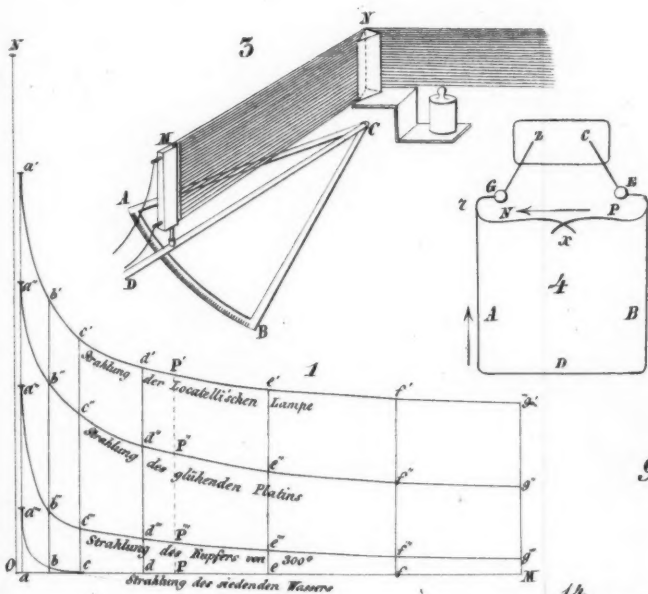
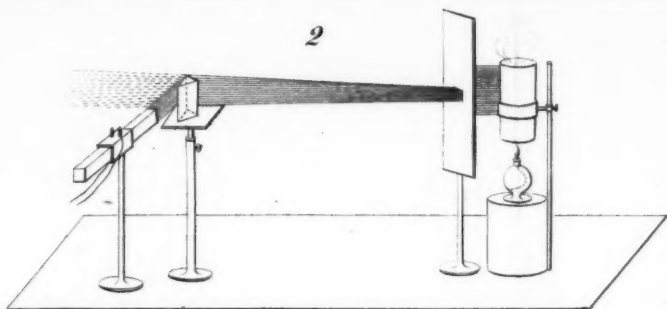
18

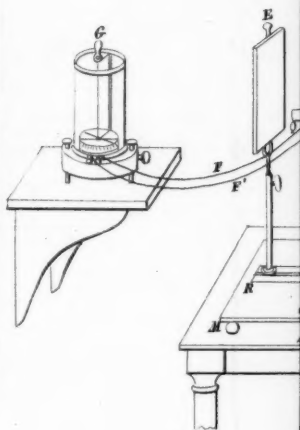
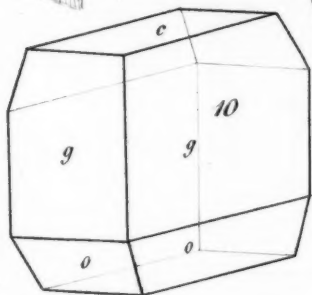
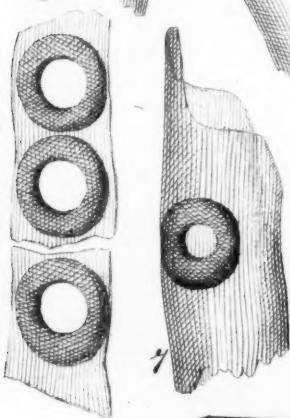
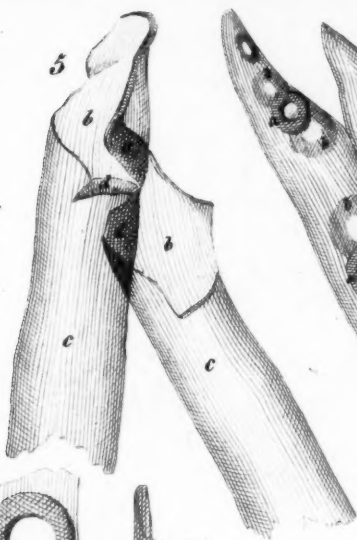


19

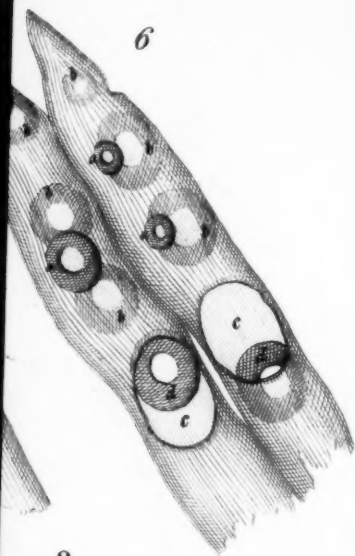


20





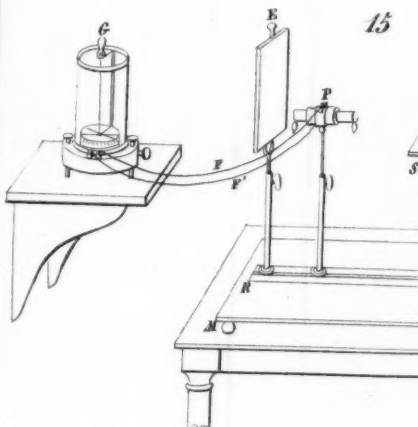
6

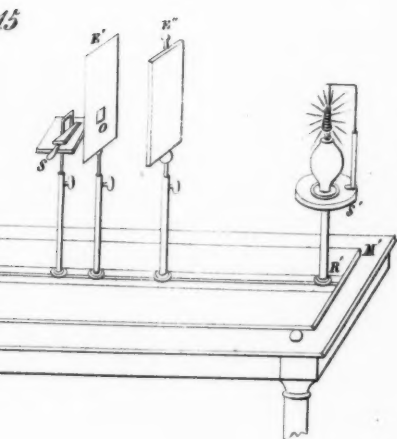
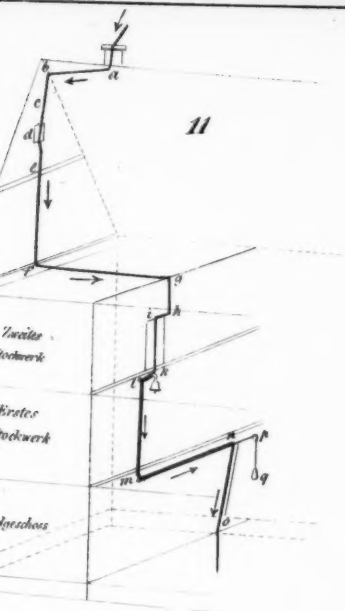


8

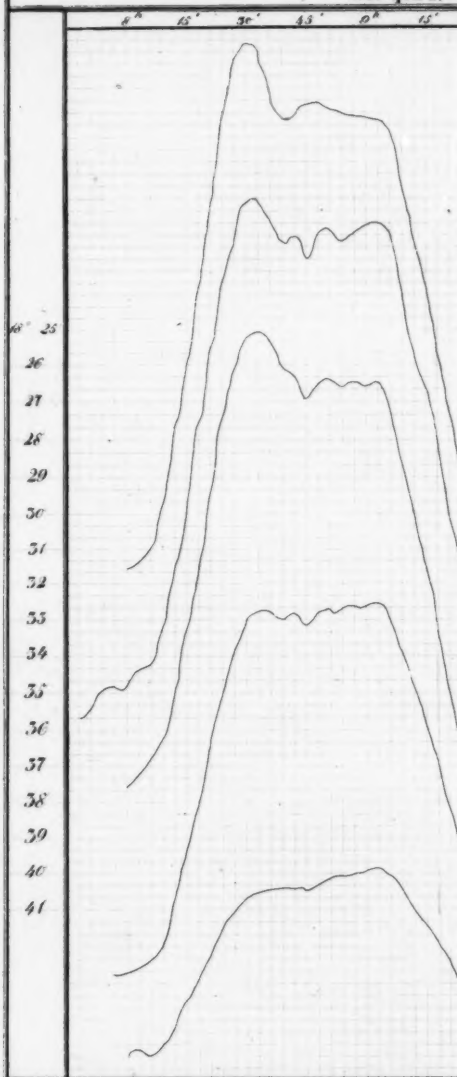


15



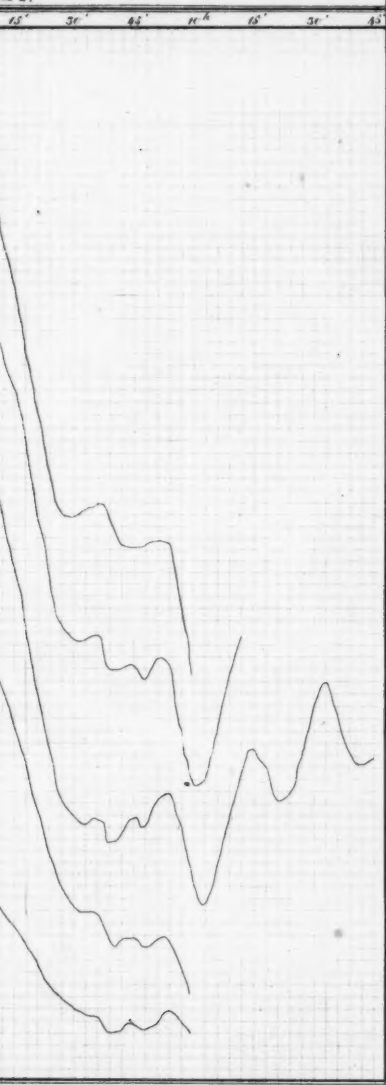


Beobachtete Variationen der Magnethadel in Copenh  
1835 April 1.



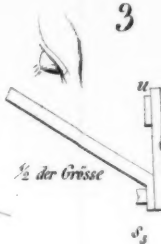
Die Linien von oben nach unten gerechnet, bezeichnen sich, der Reihe nach  
Die Zeit ist mittlere Copenhägen. Altermer Die Zahlen zur Seite bezie  
auf die mittlere Linie. Die vier andern sind nach demselben Maßstab

Kopenhagen, Altona, Göttingen, Leipzig u. Rom  
 1.

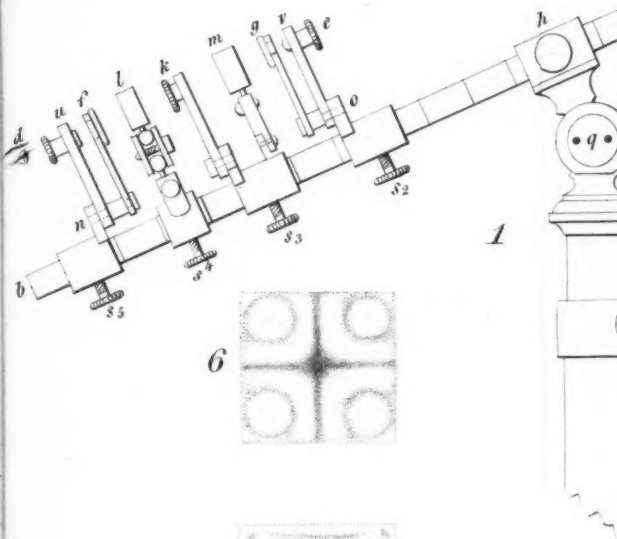
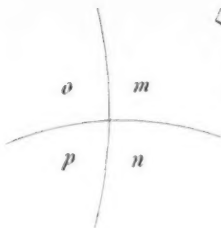
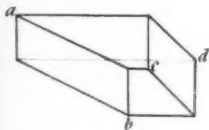


*Ann. d. Phys. u. Chem. Bd XXXI. Stück 3*  
 be nach auf Kopenhagen, Altona, Göttingen, Leipzig u. Rom.  
 be bezeichnen sich als absolute Declinationen für Göttingen nur  
 als solche bezeichnet.

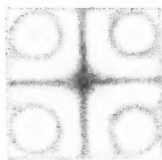
3



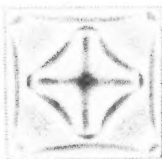
4



6

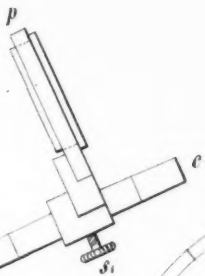
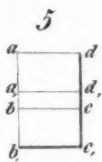


8

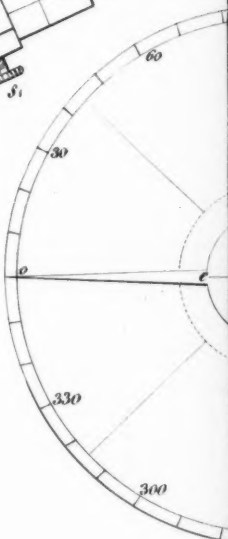
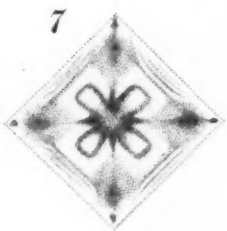


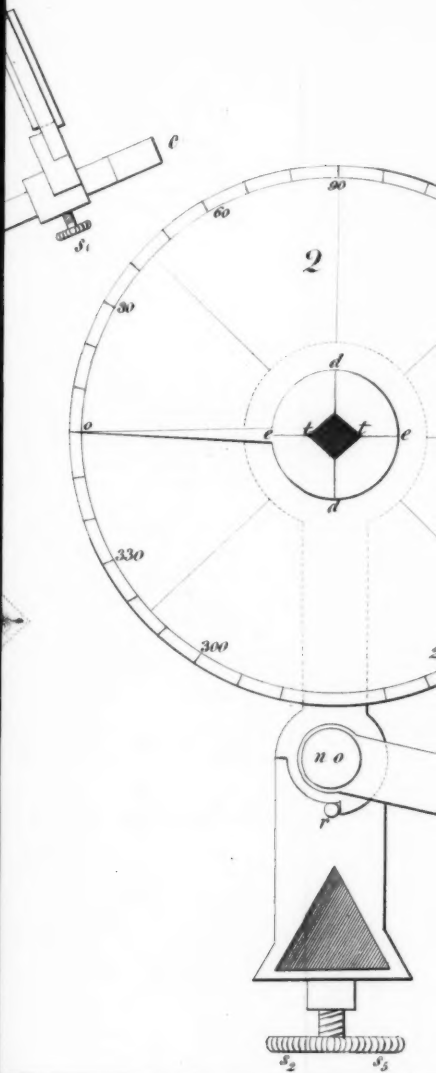


3



$\frac{1}{4}$  der Grösse







*nat: Grösse.*

